

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**“EVALUACIÓN DE LA MEZCLA DE AGREGADOS DE LAS CANTERAS  
EL GUITARRERO Y PIEDRA CHANCADA DEL RÍO CHONTA PARA  
BASES Y SUB BASES DE PAVIMENTOS EN LA CIUDAD DE  
CAJAMARCA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:  
JHONNY VÁSQUEZ TORRES**

**ASESOR:  
ING. MARCO WILDER HOYOS SAUCEDO**

**CAJAMARCA – PERÚ**

**2019**

**Copyright © 2019 by  
Jhonny Vásquez Torres  
Todos los derechos reservados.**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darme la vida y la oportunidad de desarrollar y terminar este proyecto de investigación.

Agradecer especialmente al Ing. Marco Wilder Hoyos Saucedo quien me ha brindado su apoyo, asesorándome en este proyecto de investigación.

A mis amigos y familiares quienes desinteresadamente me brindaron su apoyo incondicional para el desarrollo de este proyecto.

Jhonny.

## **DEDICATORIA**

Dedicado especialmente a mi familia, a mi padre Hernán, a mi madre Nati y a mis hermanos, quienes han sido la base de mi formación y desarrollo, quienes han aportado muchas cosas en mi vida.

Y a mis amigos quienes estuvieron constantemente apoyándome en el desarrollo de este proyecto.

## RESUMEN

La estructura de los pavimentos de las vías en la ciudad de Cajamarca se deteriora por el Alto tránsito al que están sometidas diariamente. Muchas de estas vías están construidas con materiales extraídos de la Cantera El Guitarrero, dicho material no cumple con todas las especificaciones para uso en sub bases de pavimentos, y más aún no cumple con las especificaciones técnicas para bases de pavimentos.

En la presente Investigación se tiene como objetivo evaluar la mezcla adecuada de agregados de las canteras El Guitarrero y piedra chancada del Río Chonta para sub bases y bases de pavimentos en la ciudad de Cajamarca.

Los ensayos de las propiedades físico-mecánicas de las mezclas de materiales de la cantera El Guitarrero con piedra chancada del Río Chonta se realizó en los siguientes porcentajes: 80% de material de cantera El Guitarrero y 20% de piedra chancada, 70% de material de cantera El Guitarrero y 30% de piedra chancada, 60% de material de cantera El Guitarrero y 40% de piedra chancada.

Se determinó que la mezcla de materiales en porcentajes 60% de la cantera El Guitarrero y el 40% piedra chancada, cumplen con las especificaciones técnicas generales para la construcción EG-2013 (MTC) para sub bases y bases de pavimentos, a excepción del CBR cuyos valores son inferiores al 80% requerido para bases de pavimentos. Las propiedades de esta mezcla de materiales tienen los siguientes resultados para las muestras M-1, M-2, M-3 y M-4: Límite líquido 17%, 16%, 16% y 17%; límite plástico e índice de plasticidad tienen valores de 0% para todas las muestras; la granulometría cumple con la gradación B, la abrasión tiene valores de 39.25%, 38.80%, 38.77% y 38.74%; el CBR tiene valores de 69.10%, 70.10%, 68.80% y 69.10% respectivamente.

**Palabras clave:** granulometría, límite líquido, límite plástico, CBR, abrasión.

## ABSTRACT

The structure of the pavements of the roads in the city of Cajamarca is deteriorated by the high traffic to which they are subjected daily. Many of these roads are built with materials extracted from the El Guitarrero Quarry, said material does not meet all the specifications for use in sub-pavement bases, and even more does not comply with the technical specifications for pavement bases. The purpose of this research is to evaluate the appropriate mix of aggregates from the El Guitarrero quarries and crushed stone from the Chonta River for sub bases and pavement bases in the city of Cajamarca.

The tests of the physical-mechanical properties of the mixtures of materials of the El Guitarrero quarry with crushed stone from the Chonta River were carried out in the following percentages: 80% of El Guitarrero quarry material and 20% of crushed stone, 70% of material El Guitarrero quarry and 30% crushed stone, 60% El Guitarrero quarry material and 40% crushed stone.

It was determined that the mixture of materials in percentages 60% of the El Guitarrero quarry and 40% crushed stone, meet the general technical specifications for construction EG-2013 (MTC) for sub bases and pavement bases, except for the CBR whose values are less than 80% required for pavement bases. The properties of this mixture of materials have the following results for samples M-1, M-2, M-3 and M-4: Liquid limit 17%, 16%, 16% and 17%; plastic limit and plasticity index have values of 0% for all samples; the particle size complies with gradation B, abrasion has values of 39.25%, 38.80%, 38.77% and 38.74%; The CBR has values of 69.10%, 70.10%, 68.80% and 69.10% respectively.

**Keywords:** granulometry, liquid limit, plastic limit, CBR, abrasion.

## ÍNDICE GENERAL

<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	ii
<b>DEDICATORIA</b> .....	iii
<b>RESUMEN</b> .....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	vi
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	viii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	x
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1 Introducción .....	1
1.2 Planteamiento del Problema. ....	1
1.3 Problema de Investigación. ....	2
1.4 Hipótesis.....	2
1.5 Objetivos de la Investigación.....	2
1.6 Justificación de la Investigación.....	3
1.7 Alcances y Delimitación de la Investigación.....	3
1.8 Limitaciones. ....	3
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO</b> .....	4
2.1. Antecedentes teóricos .....	4
2.2. Bases teóricas de la investigación.....	5
2.2.1. Pavimentos.....	5
2.2.2. Mezcla de Materiales:.....	16
2.2.3. Análisis de Mecánica de Suelos.....	16
2.2.3.1. Muestreo. ....	16
2.2.3.2. Ensayos de Laboratorio y Caracterización de Suelos. ....	17
2.2.3.3. Contenido de Humedad. ....	18
2.2.3.4. Análisis Granulométrico:.....	18
2.2.3.5. Límites de Consistencia. ....	19
2.2.3.6. Clasificación e Identificación de Suelos: .....	21
2.2.3.7. Compactación. ....	26
2.2.3.8. Capacidad de soporte de los suelos. ....	32
2.2.3.9. Ensayo de Desgaste Abrasión (Canteras): Abrasión los Ángeles al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37,5 mm (1½"). .....	35
2.2.3.10. Mezcla de Agregados.....	37
2.3. Definición de términos básicos.....	<b>38</b>

<b>CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	41
3.1 Materiales y equipos.....	41
3.2 Método .....	42
3.2.1 Metodología de la investigación .....	42
3.2.1.1 Ubicación geográfica. ....	42
3.2.1.2 Variables .....	43
3.2.1.3 Operalización de Variables.....	43
3.2.1.4 Matriz de Consistencia. ....	45
3.2.1.5 Tipo y diseño de la Investigación.....	46
3.2.1.6 Población de Estudio.....	46
3.2.1.7 Muestra. ....	46
3.2.1.8 Unidad de Análisis.....	49
3.2.1.9 Tratamiento y Análisis de Datos.....	49
3.2.1.9.1 Procesamiento de datos y obtención de resultados. ....	59
3.2.1.9.2 Comparación de Resultados .....	59
<b>CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	60
4.1 Resultados de la investigación. ....	60
4.2 Discusión de resultados .....	66
4.3 Contrastación de la hipótesis .....	75
<b>CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	76
5.1 Conclusiones.....	76
5.2 Recomendaciones.....	78
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b> .....	79
<b>ANEXO 01:</b> propiedades físico-mecánicas del material natural de Cantera el Guitarrero, piedra chancada del Río Chonta y de la mezcla de materiales en diferentes proporciones de los mismos.....	82
<b>ANEXO 02:</b> Panel fotográfico.....	198
<b>ANEXO 03:</b> Certificado de laboratorio. ....	206
<b>ANEXO 04:</b> Planos de ubicación de canteras El Guitarrero y Tartar Chico (piedra chancada Río Chonta). ....	207





<b>Tabla 27:</b> Propiedades físico-mecánicas del material de la mezcla N°2, 70% de la Cantera el Guitarrero y el 30% de Piedra chancada del Río Chonta. .....	63
<b>Tabla 28:</b> Propiedades físico-mecánicas del material de la mezcla N°3, 60% de la cantera El Guitarrero y el 40% de Piedra chancada del Río Chonta. .....	64
<b>Tabla 29:</b> Variación de los valores promedio de las propiedades físico mecánicas de las mezclas de los materiales de la cantera El Guitarrero y piedra chancada del Río Chonta, respecto a las propiedades de la cantera El Guitarrero por sí solo.....	65
<b>Tabla 30:</b> Límites de Atterberg para las diferentes proporciones de mezcla de materiales de la cantera El Guitarrero y piedra chancada del Río Chonta.....	67
<b>Tabla 31:</b> Valores del contenido óptimo de humedad de las mezclas de materiales de la cantera El Guitarrero y piedra chancada del Río Chonta.....	68
<b>Tabla 32:</b> Valores de la densidad máxima seca de la mezcla de materiales de la cantera El Guitarrero y piedra chancada del Río Chonta. ....	70
<b>Tabla 33:</b> Valores del CBR al 100% de la DMS para una penetración de 0.1” de las mezclas de materiales de la cantera El Guitarrero y piedra chancada del Río Chonta. ....	71
<b>Tabla 34:</b> Valores de la expansión de las mezclas de materiales de la cantera El Guitarrero y piedra chancada del Río Chonta. ....	73
<b>Tabla 35:</b> Valores de la abrasión de la mezcla de materiales de la cantera El Guitarrero y piedra chancada del Río Chonta. ....	74

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Estructura típica de un pavimento asfáltico.....	7
<b>Figura 2:</b> Estructura típica de un pavimento rígido.....	7
<b>Figura 3:</b> Grafico N°1, Carta de plasticidad.....	24
<b>Figura 4:</b> Gráfico N°2, curva de compactación.....	28
<b>Figura 5:</b> Gráfico N°3, curva humedad-densidad seca para un suelo dado y una determinada energía de compactación.....	30
<b>Figura 6:</b> Ubicación de donde se realizó la investigación.....	42
<b>Figura 7:</b> Ubicación satelital de la cantera el guitarrero.....	47
<b>Figura 8:</b> Ubicación satelital de la cantera Tartar Chico.....	48
<b>Figura 9:</b> Grafico N°4, límite líquido de la mezcla de materiales de la cantera El Guitarrero y piedra chancada en diferentes porcentajes.....	68
<b>Figura 10:</b> Gráfico N°5, variación del contenido óptimo de humedad de la mezcla de materiales de la cantera El Guitarrero y piedra chancada en diferentes porcentajes.....	69
<b>Figura 11:</b> Gráfico N°6, variación de la densidad máxima seca de la mezcla de materiales de la cantera El Guitarrero y piedra chancada en diferentes porcentajes.....	70
<b>Figura 12:</b> Gráfico N°7, variación del CBR para una penetración de 0.1” al 100% de la DMS de la mezcla de materiales de la cantera El Guitarrero y piedra chancada en diferentes porcentajes.....	72
<b>Figura 13:</b> Gráfico N°8, variación de la expansión de la mezcla de materiales de la cantera El Guitarrero y piedra chancada en diferentes porcentajes.....	73
<b>Figura 14:</b> Gráfico N°9, variación de la abrasión de la mezcla de materiales de la cantera El Guitarrero y piedra chancada en diferentes porcentajes.....	75
<b>Figura 15:</b> Cantera El Guitarrero, ubicada en la margen derecha de la carretera Cajamarca – Ciudad de Dios a 5 Km desde Cajamarca.....	198
<b>Figura 16:</b> Acopio del material de la cantera El Guitarrero.....	198
<b>Figura 17:</b> Chancadora de la cantera Tartar Chico, Ubicado a orilla del Río Chonta, Distrito de Baños Del Inca.....	199
<b>Figura 18:</b> acopio de la piedra chancada de la cantera Tartar Chico, Ubicado a orilla del Río Chonta, Distrito de Baños Del Inca.....	199

<b>Figura 19:</b> Granulometría del material de la cantera El Guitarrero. ....	200
<b>Figura 20:</b> Ensayo del límite líquido. ....	200
<b>Figura 21:</b> Material resultante de la mezcla de los materiales de la cantera El Guitarrero con piedra chancada del Río Chonta para próctor Modificado. ....	201
<b>Figura 22:</b> Preparación de muestras de material para la compactación con diferentes humedades (próctor modificado). ....	201
<b>Figura 23:</b> Separación de material en 5 partes, para próctor modificado. ....	202
<b>Figura 24:</b> Compactación de material en 5 capas, con 56 golpes por capa, para próctor modificado. ....	202
<b>Figura 25:</b> Contenido de humedad (próctor modificado). ....	203
<b>Figura 26:</b> Preparación de muestras de material para el ensayo de CBR (Ensayo de Relación de Soporte de California).....	203
<b>Figura 27:</b> Asesor y tesista realizando la compactación para el ensayo de CBR. ....	204
<b>Figura 28:</b> Saturación de muestras durante 96 horas para la medición de la expansión. ....	204
<b>Figura 29:</b> prueba en la máquina para ensayos de CBR.....	205
<b>Figura 30:</b> Maquina de los Ángeles para el ensayo de abrasión. ....	205

## **CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Introducción**

La mezcla de materiales de canteras, tiene como fin mejorar un material con uno de mejor calidad o para corregir las deficiencias en la gradación que puedan tener, de modo que la combinación de estos cumplan con las especificaciones requeridas. En éste caso uno de los problemas que se presenta es determinar en qué proporción se deben mezclar dos o más materiales, cuyas propiedades cumplan con la normativa.

El presente estudio tiene como finalidad, encontrar la mezcla adecuada de los materiales de las canteras **“El Guitarrero y piedra chancada del Río Chonta”**, de tal manera que cumplan con las especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras vigente para sub bases y bases de pavimentos en la ciudad de Cajamarca.

La razón por lo que se ha escogido estas dos canteras para su estudio es: La cantera el guitarrero es una de las más usadas en el campo de la construcción de pavimentos cumpliendo ciertas propiedades y la piedra chancada del Río chonta se usa con el fin de mejorar los efectos producidos por la abrasión; mejorar la le resistencia del suelo y así tener un material adecuado para ser utilizado en sub bases y bases de pavimentos.

### **1.2 Planteamiento del Problema.**

En la ciudad de Cajamarca existen diversos factores que afectan el buen funcionamiento de la infraestructura de pavimentos, como son lluvias, intenso tráfico, inoportuno mantenimiento, la falta materiales adecuados que conforman las diferentes capas de los pavimentos entre otros factores. Éstos factores contribuyen a que la estructura del pavimento se vea afectado negativamente por el tráfico a los cuales están sometidos diariamente, éstos se ven reflejados significativamente en el costo de operaciones (tiempo de viaje).

La mayoría de materiales utilizados para bases y sub bases de pavimentos son traídos de la cantera El Guitarrero (hormigón de cerro), la que por sí sola no cumple con las especificaciones requeridas para éste fin, además no se ha buscado de qué manera se pueden mejorar las propiedades de dicho material. Por ello, en esta investigación se busca obtener mezclas de materiales cuyas propiedades cumplan con las especificaciones generales de construcción para bases y sub bases de pavimentos; por este motivo es que se realizarán mezcla de materiales de la cantera el guitarrero y piedra chancada del Río chonta, para mejorar propiedades físico mecánicas como la capacidad de soporte y abrasión.

### **1.3 Problema de Investigación.**

Efectuar la evaluación de la mezcla de agregados de las canteras El Guitarrero y piedra chancada del Río Chonta para bases y sub bases de pavimentos en la ciudad de Cajamarca.

### **1.4 Hipótesis.**

La mezcla de agregados 60% de la cantera El Guitarrero y 40% de piedra chancada del Río Chonta cumplen con las especificaciones técnicas para bases y sub bases de pavimentos en la ciudad de Cajamarca.

### **1.5 Objetivos de la Investigación.**

#### **Objetivo General.**

Evaluar la mezcla de agregados de las canteras El Guitarrero y piedra chancada del Río Chonta para bases y sub bases de pavimentos en la ciudad de Cajamarca.

#### **Objetivo Específico.**

Determinar las propiedades físico-mecánicas del material de la cantera El Guitarrero, piedra chancada del Río Chonta y de la mezcla de los materiales.

## **1.6 Justificación de la Investigación.**

Con la presente investigación se busca determinar mezclas de materiales cuyas propiedades cumplan con especificaciones técnicas generales para la construcción de carreteras vigente, cumpliendo con las características requeridas de abrasión, capacidad de soporte, índice de plasticidad, etc. Los cuales garanticen el buen comportamiento en bases y sub base de pavimentos en la ciudad de Cajamarca.

## **1.7 Alcances y Delimitación de la Investigación.**

Esta investigación será de mucha importancia para quienes se dediquen a la construcción de pavimentos en la ciudad de Cajamarca, ya que les permitirá utilizar materiales adecuados que cumplan con las especificaciones para bases y sub bases de los mismos, además permitiría tener pavimentos con más duración y menores costos en operaciones de mantenimiento de dichas vías.

El estudio será solamente válido para los materiales de las canteras El Guitarrero y Río Chonta, por lo que los resultados no serán válidos para materiales extraídos de otra zona.

## **1.8 Limitaciones.**

- El muestreo del material se realizó solamente de dos puntos dentro de la cantera, debido a que los encargados de la cantera no permitieron el muestreo respectivo de los diferentes puntos de extracción.
- No se realizó los ensayos de equivalente de arena ni la determinación de sales solubles, debido a que no se cuenta con el material de laboratorio necesario para realizar dichos ensayos.
- Los resultados obtenidos solo son válidos para los materiales con los que se trabajó.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes teóricos**

#### **Internacionales.**

Para la Asociación Nacional Técnica de Estabilizados de Suelos y Reciclado de Firmes - España, MEZCLA DE SUELOS "IN SITU", 2013. Es la técnica consistente en combinar dos o más suelos de diferentes propiedades físico químicas con el objetivo de lograr una única capa de suelo resultante cuyas propiedades geotécnicas sean mejores que las de los suelos por sí solos. El mezclado de suelos puede utilizarse para la ejecución de explanadas, terraplenes, bases, sub bases, etc. El mezclado de suelos suele buscar fundamentalmente tres tipos de correcciones: Variación en la plasticidad de los materiales, Variación en el esqueleto mineral de los materiales, Variación de la capacidad portante (CBR).

#### **Nacionales.**

Ugaz Palomino, Roxana M. en su tesis "Estabilización de suelos y su aplicación en el mejoramiento de sub rasante", 2006, Lima. Menciona que al buscar una mezcla de suelos para lograr las propiedades deseadas, la granulometría suele ser el requisito más importante en la fracción gruesa y la plasticidad en la fracción fina, por ende el tamaño máximo del agregado es importante puesto que valores altos conllevan a tener superficies muy rugosas y demasiado segregables sin cohesión, pero en los finos un alto porcentaje de Material que pasa la malla N° 40 nos arrojan un material de baja resistencia y de alta deformabilidad, además que nos conducen a superficies demasiado lisas y fangosas cuando están húmedas y polvorosas cuando están secas.

Menéndez Acurio, José R. En su libro "Ingeniería de pavimento, materiales, diseño y conservación", 2009, Lima. Menciona que la adecuada construcción de una capa de pavimento con un material obtenido por la estabilización granular depende fundamentalmente en la adecuada colocación de los diversos materiales sobre la vía, para que al mezclarlos



en vía, la mezcla se haga en las proporciones previamente calculadas y el producto obtenido tenga la gradación exigida. Una vez se haga la mezcla en seco, se incorpora la cantidad de agua necesaria, se hace la mezcla húmeda, se compacta y termina como cualquier base o sub base granular.

### **Locales.**

Urcia Díaz, Pierre. En su tesis “Análisis de mezclas de materiales de la cantera de Pinos y Tajo La Quinoa para su uso en las vías de Minera Yanacocha”, determinó que las proporciones del material obtenido de la mezcla de 50% de Tajo La Quinoa más el 50% de la Cantera Pinos, cumple con las especificaciones requeridas para las vías.

## **2.2. Bases teóricas de la investigación.**

### **2.2.1. Pavimentos.**

Para Montejo (2002), Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el periodo para el cual fue diseñada la estructura del pavimento.

Según El Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos; Sección Suelos y Pavimentos (2013), define al pavimento como una estructura de varias capas construida sobre la subrasante del camino para resistir, distribuir esfuerzos originados por los vehículos, mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por las siguientes capas: base, sub base y capa de rodadura.

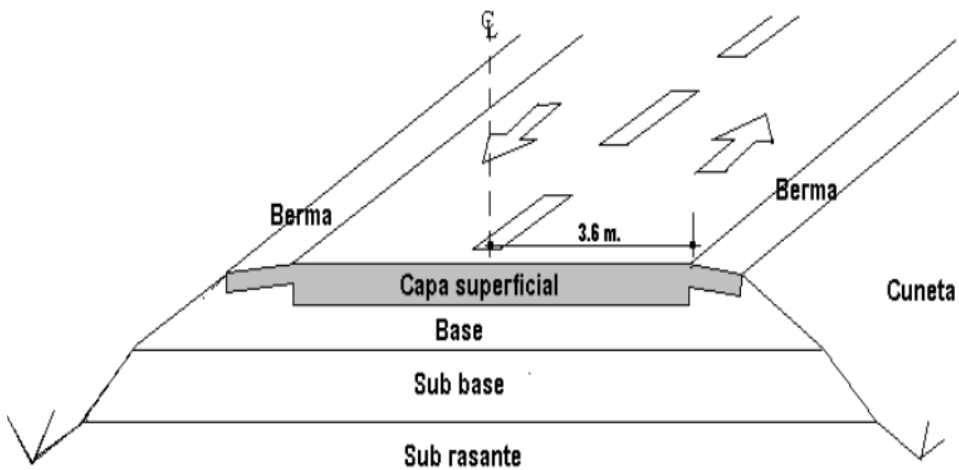
Según el manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos; Sección Suelos y Pavimentos (2013), divide al pavimento en tres grandes grupos: pavimentos flexibles, pavimentos semirrígidos y pavimentos rígidos.

- El pavimento flexible. Es una estructura compuesta por capas granulares (sub base, base) y como capa de rodadura una carpeta constituida con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos.
- El pavimento semirrígido. Es una estructura de pavimento compuesta básicamente por capas asfálticas con un espesor total bituminoso; también se considera como pavimento semirrígido la estructura compuesta por carpeta asfáltica sobre base tratada con cemento o sobre base tratada con cal. Dentro del tipo de pavimento semirrígido se ha incluido los pavimentos adoquinados.
- El pavimento rígido. Es una estructura de pavimento compuesta específicamente por una capa de sub base granular, no obstante esta capa puede ser de base granular, o puede ser estabilizada con cemento, asfalto o cal, y una capa de rodadura de losa de concreto de cemento hidráulico como aglomerante, agregados y de ser el caso aditivo.

### **Elementos de la estructura de un pavimento.**

Para Bonett (2014), los elementos de la estructura de un pavimento flexible son: sub-rasante, sub-base, base y carpeta asfáltica.

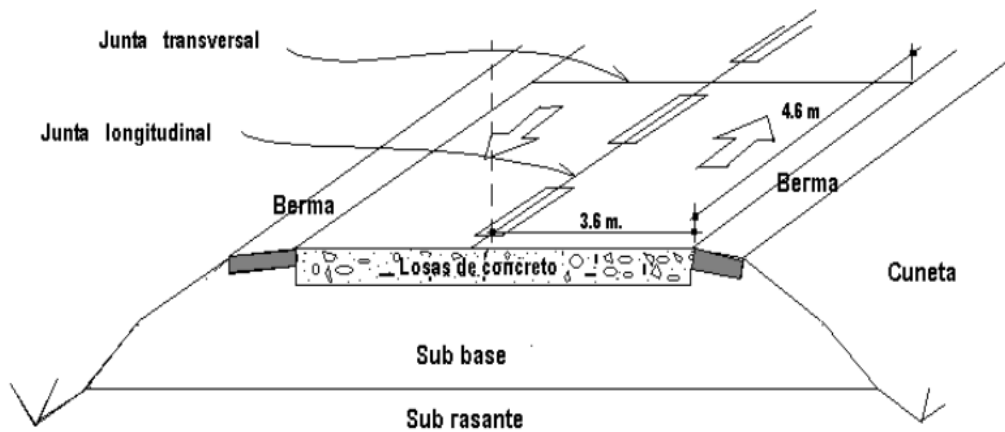
**Figura 1:** Estructura típica de un pavimento asfáltico.



**Fuente:** Introducción al diseño de pavimentos (Sánchez, 2016).

Según DURAVIA (2011), los pavimentos de concreto cuentan con una serie de capas que se sostienen desde la sub-rasante hasta la carpeta de rodadura: sub-rasante, sub-base o base en caso de situaciones extremas y carpeta de rodadura.

**Figura 2:** Estructura típica de un pavimento rígido.



**Fuente:** Introducción al diseño de pavimentos (Sánchez, 2016).

✓ **Sub-rasante.**

Para Bonett (2014), es la parte de una carretera que sirve para el soporte de las capas de pavimento, por tanto, debe cumplir características estructurales para que los materiales seleccionados que se coloquen sobre ella se acomoden en espesores uniformes y su resistencia debe ser homogénea en toda la superficie para evitar fallas en los pavimentos. En algunos casos, ésta capa está formada solo por la superficie del terreno. En otros casos, cuando en estado natural el material de corte del lugar es de muy baja calidad, se tendrá que hacer un proceso de mejoramiento, estabilización y luego darle el grado de compactación necesario para obtener la sub-rasante adecuada.

Según DURAVIA (2011), es el suelo de cimentación del pavimento pudiendo ser suelo natural, debidamente perfilado y compactado, o material de préstamo cuando el suelo natural es deficiente o por requerimiento del diseño geométrico de la vía a proyectar. Los materiales que pueden ser empleados como sub-rasante serán de preferencia materiales de tipo granular.

El Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos (2002), lo define como la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Ésta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño. El espesor de pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la subrasante, por lo que ésta debe cumplir con los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad.

Montejo (2002), nos menciona que de la calidad de ésta capa depende, en gran parte, del espesor que debe tener un pavimento, sea éste flexible o rígido. Como parámetro de evaluación de ésta capa se emplea la capacidad de soporte o resistencia a la deformación por esfuerzo cortante bajo las cargas del tránsito. Es necesario tener en cuenta la sensibilidad del suelo a la humedad, tanto en lo que se refiere a la resistencia como a las eventuales variaciones de volumen (hinchamiento - retracción).

✓ **Sub base.**

Para Kramer, Pardillo, Rocci, Romana, Blanco, Del Val (2004), es la capa de firme situado debajo de la base y sobre la explanada. Ésta capa no puede ser necesaria con explanadas de elevada capacidad de soporte. Su función es proporcionar a la base un apoyo uniforme y constituir una adecuada plataforma de trabajo para su puesta en obra y compactación.

Según el Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos (2002), es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal manera que la capa de subrasante la pueda soportar, absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la sub base. La sub base debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento. Se utiliza además como capa de drenaje y contralor de ascensión capilar de agua, protegiendo así a la estructura de pavimento, por lo que generalmente se usan materiales granulares.

Según Bonett (2014), es la capa de la estructura del pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas en la superficie de

rodadura del pavimento, y son transmitidas a la cimentación (sub-rasante). Para esta capa se utilizan agregados provenientes de bancos de materiales que cumplan con las especificaciones técnicas para una sub-base, que serán colocados sobre la superficie de la sub-rasante.

Para Montejo (2002), son funciones de la capa de sub base granular de un pavimento flexible:

- **Función económica.** Una de las principales funciones de ésta capa es netamente económica; en efecto, el espesor total que se requiere para que el nivel de esfuerzos en la sub-rasante sea igual o mayor que su propia resistencia, puede ser construido con materiales de alta calidad; sin embargo, es preferible distribuir las capas más calificadas en la parte superior y colocar en la parte inferior del pavimento la capa de menor calidad la cual es frecuentemente la más barata. Esta solución puede traer consigo un aumento en el espesor total del pavimento y no obstante, resultar más económica.
- **Disminución de las deformaciones.** Algunos cambios volumétricos de la capa subrasante, generalmente asociados a cambios en su contenido de agua (expansiones), o a cambios extremos de temperatura (heladas), pueden absorberse con la capa sub base, impidiendo que dichas deformaciones se reflejen en la superficie de rodamiento.
- **Resistencia.** La sub base debe soportar los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos a través de las capas superiores y transmitidas a un nivel adecuado a la subrasante.

Para Montejo (2002), son funciones de la sub base de un pavimento rígido:

- La función más importante es impedir la acción del bombeo en las juntas, grietas y extremos del pavimento. Se entiende por bombeo a la fluencia de material fino con agua fuera de la estructura del pavimento, debido a la infiltración de agua por las juntas de las losas. El agua que penetra a través de las juntas licúa el suelo fino de la subrasante facilitando así su evacuación a la superficie bajo la presión ejercida por las cargas circulantes a través de las losas.
- Servir como capa de transición y suministrar un apoyo uniforme, estable y permanente del pavimento.
- Facilitar los trabajos de pavimentación.
- Mejorar el drenaje y reducir por tanto al mínimo la acumulación de agua bajo el pavimento.
- Ayudar a controlar los cambios volumétricos de la subrasante y disminuir al mínimo la acción superficial de tales cambios volumétricos sobre el pavimento.
- Mejorar en parte la capacidad de soporte del suelo de la subrasante.

Según el manual de carreteras - Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013, sección 402 para sub bases granulares, menciona que los materiales que se utilizan para la construcción de la capa sub base, deberá ajustarse a las siguientes especificaciones de calidad:

**Tabla 1:** Requerimientos Granulométricos para Sub base Granular.

Tamiz	Porcentaje que pasa en Peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	---	---
25 mm (1")	---	75 – 95	100	100
9.5 mm (3/8")	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 – 100
4.75 mm (Nº 4)	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85
2.0 mm (Nº 10)	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70
4.25 um (Nº 40)	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45
75 um (Nº 200)	2 – 8	5 – 15	5 – 15	8 – 15

**Fuente:** Sección 402, Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013.

La curva de Gradación "A" deberá emplearse en zonas cuya altitud sea igual o superior a 3000 msnm.

Además, el material también deberá cumplir con los requisitos de calidad, indicados en la Tabla 2.

**Tabla 2:** Requerimientos de Ensayos Especiales para sub bases granulares.

Ensayo	Norma			Requerimiento	
	MTC	ASTM	AASHTO	< 3000 msnm	≥ 3000 msnm
Abrasión	MTC E 207	C 131	T 96	50 % máx	50 % máx
CBR (1)	MTC E 132	D 1883	T 193	40 % mín	40 % mín
Límite Líquido	MTC E 110	D 4318	T 89	25% máx	25% máx
Índice de Plasticidad	MTC E 111	D 4318	T 90	6% máx	4% máx
Equivalente de Arena	MTC E 114	D 2419	T 176	25% mín	35% mín
Sales Solubles	MTC E 219	--	--	1% máx.	1% máx.

**Fuente:** Sección 402, Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013.

✓ **Base.**

Según zarate (2005), es la capa situada bajo la carpeta de rodadura. Su función es eminentemente resistente, pues absorbe la mayor parte de los esfuerzos verticales y su rigidez o su resistencia a la deformación bajo las sollicitaciones repetidas del tránsito suele corresponder a la intensidad del tránsito pesado. Así, para tránsito medio y ligero se emplean las tradicionales bases



granulares, pero para tránsito pesado se emplean materiales granulares tratados con un cementante, denominadas bases asfálticas o bases grava cemento.

El Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos (2002), lo define como la capa de pavimento que tiene como función primordial, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito, a la sub base y a través de ésta a la subrasante, y es la capa sobre la cual se coloca la capa de rodadura.

Según DURAVIA (2011), en el caso de los pavimentos de asfalto, es común que se contemple material de base adicional. En el caso de los pavimentos de concreto no es común pero podría darse el caso en situaciones extremas.

Para Montejo (2002), son funciones de la capa de base granular de un pavimento flexible:

- **Resistencia.** La función fundamental de la base granular de un pavimento consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a la sub base y a la subrasante los esfuerzos producidos por el tránsito en una intensidad apropiada.
- **Función económica.** Respecto a la carpeta asfáltica, la base tiene una función económica análoga a la que tiene la sub base respecto a la base.

Según el Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos (2002), Para bases granulares, el material debe estar constituido por piedra de buena calidad, triturada y mezclada con material de relleno o bien por una combinación de piedra o grava, con arena y suelo, en su estado natural. Todos estos materiales deben ser clasificados para formar una base integrante de la estructura de pavimento. Su estabilidad dependerá de la graduación de las partículas, su forma, densidad relativa, fricción interna y cohesión,

y todas estas propiedades dependerán de la proporción de finos con respecto al agregado grueso.

Según el manual de carreteras - Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013, sección 403 para bases granulares, menciona que los materiales que se utilizan para la construcción de la capa base, deberá ajustarse a las siguientes especificaciones de calidad:

**“Los requerimientos granulométricos para base Granular son los mismos de sub bases granulares, los cuales se encuentran en la tabla 1”.**

El material de Base Granular deberá cumplir además con las siguientes características físico-mecánicas y químicas que se indican en las Tabla 3 y 4.

**Tabla 3:** Valor Relativo de Soporte.

Valor Relativo de Soporte, CBR (1)	Tráficos en ejes equivalentes ( $<10^6$ )	Min.80%
	Tráficos en ejes equivalentes ( $\geq 10^6$ )	Min.100%

**Fuente:** Sección 402, Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013.

Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 0.1” (2.5 mm).

El agregado grueso, denominado así a los materiales retenidos en la malla N° 4, que podrán provenir de fuentes naturales, procesados o combinación de ambos, deberán cumplir las características, indicadas en la Tabla 4.

**Tabla 4:** Requerimientos Agregado grueso.

Ensayo	Norma			Requerimiento	
	MTC	ASTM	AASHTO	< 3000 msnm	≥ 3000 msnm
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	D 5821		80 % mín.	80 % mín.
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E 210	D 5821		40 % mín.	50 % mín.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	40% máx	40% máx
Partículas chatas y alargadas (1)		D 4791		15% máx	15% máx
Sales solubles totales	MTC E 219	D 1888		0.5% max.	0.5% max.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 219	C 88	T 104		

**Fuente:** Manual de carreteras - Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013.

El agregado fino, denominado así a los materiales que pasan la malla N° 4, que podrán provenir de fuentes naturales, procesados o combinación de ambos, deberán cumplir las características, indicadas en la Tabla 5.

**Tabla 5:** Requerimientos Agregado fino.

Ensayos	Norma	Requerimientos	
		Altitud	
		< 3000 msnm	≥ 3000 msnm
Índice plástico	MTC E 111	4% max.	2% mín.
Equivalente de arena	MTC E 114	35% mín.	45% mín.
Sales solubles	MTC E 219	0.5% max.	0.5% max.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	-----	15%

**Fuente:** Manual de carreteras - Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013.

✓ **Carpeta de rodadura.**

Según Bonett (2014), con éste nombre se denomina a la última capa que se construye, y es sobre ella donde circulan los vehículos durante el período de servicio del pavimento. Por esto, debe ser resistente a la abrasión producida por el tráfico y a los condicionamientos del intemperismo.

### **2.2.2. Mezcla de Materiales:**

Para la Asociación Nacional Técnica de Estabilizados de Suelos y Reciclado de Firmes (2013), Técnica consistente en combinar dos o más suelos de diferentes propiedades físico-químicas con el objetivo de lograr una única capa de suelo resultante cuyas propiedades geotécnicas sean mejores como suelos combinados que de manera individual.

El mezclado de suelos puede utilizarse para la ejecución de explanadas, terraplenes, bases, sub-bases, etc.

El mezclado de suelos suele buscar fundamentalmente tres tipos de correcciones: Variación en la plasticidad de los materiales, Variación en el esqueleto mineral de los materiales, Variación del Valor Soporte (CBR).

Para Ovalle (2014), consiste en la alteración de las propiedades del suelo mediante la mezcla de dos o más materiales y su posterior compactación, con el fin de obtener un nuevo material de mejor calidad y que cumpla con todas las exigencias. Las propiedades que usualmente se desean mejorar son la plasticidad y/o la granulometría, las cuales afectan a la susceptibilidad del material al agua, su capacidad drenante, resistencia, trabajabilidad y compacidad.

### **2.2.3. Análisis de Mecánica de Suelos.**

#### **2.2.3.1. Muestreo.**

Según el Manual de ensayos de materiales - muestreo de Suelos y Rocas - MTC E101 (2016), deben obtenerse muestras representativas de suelo o roca, o de ambos, de cada material que sea necesario para la investigación. El tamaño y tipo de la muestra requerida, depende de los ensayos que se vayan a efectuar y del porcentaje de partículas gruesas en la muestra, y las limitaciones del equipo de ensayo a ser usado:

- Clasificación visual: 0,50 kg.
- Análisis granulométrico y constantes del suelos no granulares: 0,50 a 2.5 kg.

- Ensayo de compactación y granulometría de suelo-agregado granular: 20 a 40 kg.
- Producción de agregados o ensayo de propiedades de agregados: 50 a 200 kg

### 2.2.3.2. Ensayos de Laboratorio y Caracterización de Suelos.

Para Urcia (2013), Los ensayos de laboratorio para carreteras se realizan de acuerdo al manual de ensayos de materiales del MTC - 2016 y sus equivalentes internacionales: ASTM y AASHTO, y son de tres tipos:

**Tabla 6:** Ensayos de laboratorio.

Ensayos de Laboratorio	Norma		
	MTC	AASHTO	ASTM
<b>Ensayos Generales</b>			
Contenido de humedad de los suelos	E 108 - 2016	-	D 2216
Análisis granulométrico	E 107 - 2016	T 88	D 422
Límite Líquido de los suelos	E 110 - 2016	T 89	D 4318
Límite Plástico e Índice de Plasticidad	E 111 - 2016	T 90	D 4318
<b>Ensayos de Compactación</b>			
Próctor Modificado	E 115 - 2016	T 181	D 1883
<b>Ensayos de Resistencia</b>			
Carga - Penetración C.B.R	E 132 - 2016	T 193	D 1883
Desgaste por Abrasión	E 207 - 2016	T 96	C 131

**Fuente:** Análisis de mezclas de materiales de la cantera Pinos y Tajo La Quinua para su uso en las vías de Minera Yanacocha (Urcia, 2013).

- **Ensayos para Clasificar los Suelos:**

Para Rico del Castillo (2005), nos permiten determinar las principales características de los suelos, para Poder clasificarlos e identificarlos adecuadamente.

- **Ensayos de Control de Calidad:**

Para Rico del Castillo (2005), Se efectúan para asegurar una buena compactación, los resultados son de mucha utilidad para evaluar la resistencia del suelo especialmente en el momento de la construcción.

- **Ensayos de Resistencia:**

Para Rico del Castillo (2005), Su finalidad es evaluar la capacidad de soporte del suelo, así como el desgaste.

### 2.2.3.3. Contenido de Humedad.

Crespo Villalaz, (2004), lo define como la relación del peso del agua al peso de los sólidos en una determinada masa de suelo, expresada generalmente en porcentaje.

$$W\% = \frac{P_w}{P_s} * 100 \text{ ----- (F. 01)}$$

### 2.2.3.4. Análisis Granulométrico:

Para Crespo Villalaz (2004), el análisis granulométrico de un suelo tiene por finalidad, determinar la proporción de sus diferentes elementos constituyentes, clasificados en función de su tamaño. De acuerdo al tamaño de las partículas de suelo, se definen los siguientes términos:

**Tabla 7:** Límites de tamaño de suelos separados.

Sistema de clasificación	Tamaño del grano (mm)
Unificado	Grava: 75 mm a 4.75 mm. Arena: 4.75 mm a 0.075 mm. Limo y arcilla(finós): <0.075 mm
AASHTO	Grava: 75 mm a 2 mm. Arena: 2 mm a 0.05 mm. Limo: 0.05 mm a 0.002 mm arcilla: <0.002 mm

**Fuente:** Principios de ingeniería de cimentaciones (Braja, 2001).

Para Menéndez (2009). El análisis granulométrico es usado en la clasificación de suelos y es parte de las especificaciones de suelos para aeropuertos, carreteras, presas de tierras y otras construcciones con terraplenes de tierra. El análisis granulométrico estándar determina las proporciones relativas de distintos tamaños de granos mientras son

distribuidas en ciertos rangos de tamaño, el cual se conoce como distribución granulométrica. Esto se logra en dos pasos:

- Análisis por tamices para tamaños de partículas retenidas en la malla N°200.
- Un proceso de sedimentación (Análisis de hidrómetro), para tamaños de partículas menores de la malla N°200.

- **Coefficiente de Uniformidad ( $C_u$ ).**

Para Juárez Vadillo (2004), es la relación entre  $D_{60}$  y  $D_{10}$ , siendo  $D_{60}$  el diámetro o tamaño por debajo del cual queda el 60% del suelo en peso y  $D_{10}$  el valor correspondiente para el 10%.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \text{ ----- (F. 02)}$$

Si:

$C_u < 3$  Muy Uniforme, Arenas de Playa.

$3 < C_u < 15$  Heterogéneo.

$15 < C_u$  Muy Heterogéneo, suelos glaciares.

- **Coefficiente de Curvatura ( $C_c$ ):**

Para Juárez Vadillo (2004), Se define el coeficiente de curvatura del suelo con la expresión:

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} * D_{10}} \text{ ----- (F. 03)}$$

$D_{30}$  Se define análogamente de los  $D_{10}$  y  $D_{60}$  anteriores. Ésta relación tiene un valor entre 1 y 3 en suelos bien graduados, con amplio margen de tamaño de partículas y cantidades apreciables de cada tamaño intermedio.

### **2.2.3.5. Límites de Consistencia.**

Para Crespo Villalaz (2004), la plasticidad es la propiedad que presentan los suelos de poder deformarse hasta cierto límite, sin romperse. Por medio de ella se mide el comportamiento de los suelos en todas las épocas. Las arcillas presentan esta propiedad en grado

variable. Para conocer la plasticidad se hace uso de los límites de Atterberg.

- **Límite líquido (L.L).**

Para Crespo Villalaz (2004), es el contenido de humedad expresado en porcentaje con respecto al peso seco de la muestra con el cual el suelo cambia del estado líquido al plástico. Los suelos plásticos tienen en el límite líquido una resistencia muy pequeña al esfuerzo de corte, pero definida, y según Atterberg es de 25 g/cm<sup>2</sup>.

$$L. L = \frac{P_h - P_s}{P_s} * 100 = \frac{P_w}{P_s} * 100 \text{ ----- (F. 04)}$$

Donde:

L. L = Límite líquido en %.

P<sub>h</sub> = Peso de la muestra húmeda en gramos.

P<sub>s</sub> = Peso de la muestra seca en gramos.

P<sub>w</sub> = Contenido de agua en la muestra en gramos.

- **Límite plástico (L.P).**

Para Crespo Villalaz (2004), es el contenido de humedad expresado en porcentaje con respecto al peso seco de la muestra con el cual el suelo cohesivo cambia del estado plástico al semisólido.

$$L. P = \frac{P_h - P_s}{P_s} * 100 = \frac{P_w}{P_s} * 100 \text{ ----- (F. 05)}$$

Donde:

L. P = Humedad correspondiente al límite plástico en %.

P<sub>h</sub> = Peso de los trocitos de filamentos húmedos en gramos.

- **Índice de Plasticidad (IP).**

Crespo Villalaz (2004), lo define como el valor numérico de la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

$$IP = LL - LP \text{ ----- (F. 06)}$$



**Tabla 8:** clasificación de suelos según el índice de plasticidad.

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
$IP > 20$	Alta	Suelos muy arcillosos
$IP \leq 20$ $IP > 7$	Media	Suelos arcillosos
$IP < 7$	Baja	suelos poco arcillosos plasticidad
$IP = 0$	No plástico (NP)	Suelos exentos de arcilla

**Fuente:** Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos; Sección Suelos y Pavimentos, 2013.

#### 2.2.3.6. Clasificación e Identificación de Suelos:

Según Braja (2001), los sistemas de clasificación de suelos dividen a estos grupos y subgrupos en base a propiedades ingenieriles comunes tales como la distribución granulométrica, el límite líquido y el límite pastico. Los dos sistemas principales de clasificación actualmente en uso son el sistema AASHTO (American Association of State High-way and transportation officials) y SUCS (Unified soil classification system).

El sistema de clasificación ASSHTO se usa principalmente para clasificación de las capas de carreteras. No se usa en la construcción de cimentaciones.

- **Sistema AASHTO (Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras Estatales y del transporte):**

De acuerdo con la actual forma de éste sistema, los suelos pueden clasificarse según ocho grupos principales, A-1 al A-8, en base a su distribución granulométrica, límite líquido e índice de plasticidad. Los suelos comprendidos en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales de grano grueso y aquellos en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7 son de grano fino. La turba y otros suelos altamente orgánicos pueden clasificarse en el grupo A-8. Estos son identificados por inspección visual.

**Nota.** El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor que LL-30. El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL-30.

Para la evaluación cualitativa de la conveniencia de un suelo como material para subrasante de un camino, se desarrolló también un número denominado “índice de grupo”. Entre mayor es el valor del índice de grupo para un suelo, será menor el uso del suelo como subrasante. Un índice de grupo de 20 ó más indica un material muy pobre para ser usado al respecto. La fórmula para el índice de grupo **GI** es:

$$GI = (F_{200} - 35)[0.3 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F_{200} - 15)(PI - 10) \text{ --(F. 07)}$$

*IG* = Índice de grupo.

*F*<sub>200</sub> = % que pasa la malla N° 200, expresado como un número entero.

*LL* = Límite líquido

*PI* = Índice plástico

**Tabla 9:** Sistema de Clasificación AASHTO.

Clasificación general	Suelos granulosos granulares 35% máximo que pasa por el tamiz 0.08 mm (N°200)							Suelos finos más de 35% pasa el tamiz de 0.08 mm (N°200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
Grupo Símbolo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Análisis granulométrico (2.00mm) N° 10 (0.5 mm) N° 40 (0.08mm) N° 200	50 max.		50 min.									
	30 max.	50 max.	50 min.									
	15 max.	25 max.	10 max.	35 max.	35 max.	35 max.	35 max.	35 min.	35 min.	35 min.	35 min.	35 min.
Límites de Atterberg												
Límite líquido				40 max.	40 min.	40 max.	40 min.	40 max.	40 min.	40 max.	40 min.	40 min.
Índice de plasticidad	6 max.	7 max.		10 max.	10 max.	10 min.	10 min.	10 max.	10 max.	10 min.	10 min. IP<LL-30	10 min. IP<LL-30
Índice de grupo	0	0	0	0	0	4 max.	4 max.	8 max.	12 max.	16 max.	20 max.	20 max.
Tipos de material	piedras, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Estimación general del suelo como subrasante	de excelente a bueno						De pasable a malo					

**FUENTE:** Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia, y Pavimentos; sección suelos y pavimentos, 2013.

- **Sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos):**

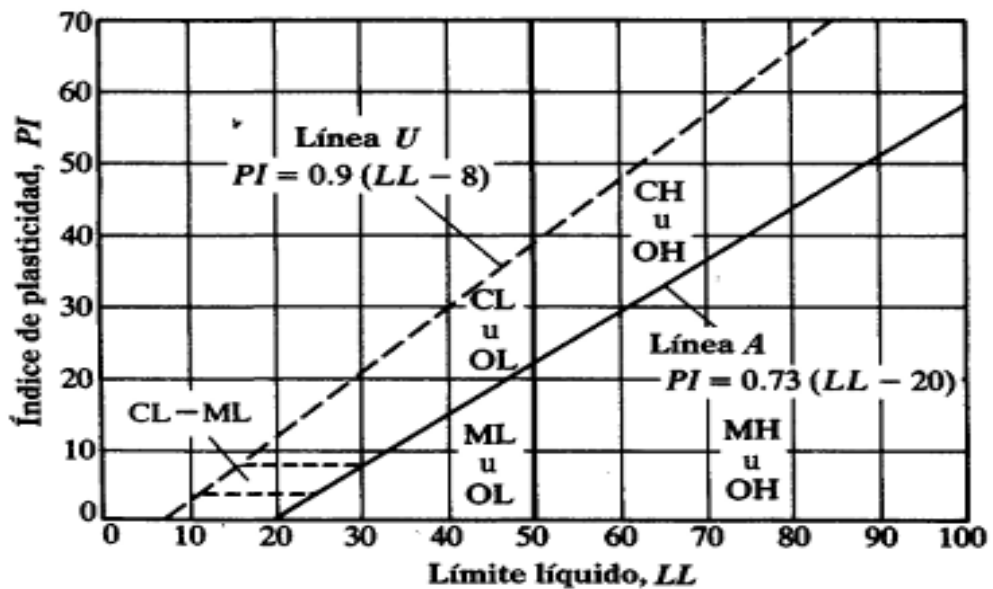
Este sistema se usa en prácticamente todo trabajo de geotecnia. En el sistema unificado, los siguientes símbolos se usan como identificación.

**Tabla 10:** Letras Utilizadas en la Clasificación ASTM.

Primera letra	Palabra	Segunda letra	Palabra
G	Grava («Gravel»)	W	Bien graduado («Well graded»)
S	Arena («Sand»)	P	Mal graduado («Poorly garded»)
M	Limo («Mo», en sueco)	M	Limoso («Mo», en sueco)
C	Arcilla («Clay»)	C	Arcilloso («Clayey»)
O	Orgánico («Organic»)	L	Baja plasticidad («Low plasticity»)
PT	Turba («Peat»)	H	Alta plasticidad («High Plasticity»)


**Fuente:** Ingeniería de Carreteras, Vol. II. (Kramer, Pardillo, Rocci, Romana, Blanco, Del Val, 2004)

**Figura 3:** Grafico N°1, Carta de plasticidad.



**Fuente:** Principios de ingeniería de cimentaciones (Braja, 2001)

**Tabla 11:** Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.) Incluyendo identificación y descripción.

DIVISIONES PRINCIPALES		Símbolos del grupo	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO		
SUELOS DE GRANO GRUESO	<b>GRAVAS</b>  Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm)	<b>Gravas limpias</b>	<b>GW</b>  Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue:  $Cu = D_{60}/D_{10} > 4$ $Cc = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3  No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.  Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$ .  Límites de Atterberg sobre la línea A con $IP > 7$ . Encima de línea A con $IP$ entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo.		
		(sin o con pocos finos)	<b>GP</b>  Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.			
		<b>Gravas con finos</b>	<b>GM</b>  Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.			
		(apreciable cantidad de finos)	<b>GC</b>  Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.			
	<b>ARENAS</b>  Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200  Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm)	<b>Arenas limpias</b>	<b>SW</b>  Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	$< 5\% - > GW, GP, SW, SP.$  $> 12\% - > GM, GC, SM, SC.$  5 al 12% -> casos límite que requieren usar doble símbolo.		
		(pocos o sin finos)	<b>SP</b>  Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.			
		<b>Arenas con finos</b>	<b>SM</b>  Arenas limosas, mezclas de arena y limo.			
		(apreciable cantidad de finos)	<b>SC</b>  Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.			
		<b>SUELOS DE GRANO FINO</b>	<b>Limos y arcillas:</b> Límite líquido menor de 50		<b>ML</b>  Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad.	
					<b>CL</b>  Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.	
<b>OL</b>  Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.						
<b>Limos y arcillas:</b> Límite líquido mayor de 50	<b>MH</b>  Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.					
	<b>CH</b>  Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.					

número 200		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.
Suelos muy orgánicos		PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.

**Fuente:** Clasificación de suelos por los métodos Unificado SUCS y AASHTO (Gonzales, 2012).

**Tabla 12:** Correlación de tipos de suelo AASHTO-SUCS.

Clasificación de Suelos AASHTO AASHTO M-145	Clasificación de Suelos SUCS ASTM D-2487
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A-2	GM, GC, SM, SC
A-3	SP
A-4	CL, ML
A-5	ML, MH, CH
A-6	CL, CH
A-7	OH, MH, CH

**FUENTE:** Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos; Sección Suelos y Pavimentos, 2013.

### 2.2.3.7. Compactación.

Según Rico del Castillo (2005), Se denomina compactación de suelos, al proceso mecánico por el cual se busca mejorar las características de resistencia, compresibilidad y esfuerzo-deformación de los mismos; por lo general el proceso implica una reducción más o menos rápida de los vacíos, como consecuencia de la cual en el suelo ocurren cambios de volumen de importancia, fundamentalmente ligados a pérdidas de volumen de aire, pues por lo común no se expulsa agua de los huecos durante el proceso de compactación. No todo el aire sale del suelo, por lo que la condición de un suelo compactado es la de un suelo parcialmente saturado.

Según Kramer, Pardillo, Rocci, Romana, Blanco, Del Val (2004), para que la carretera ofrezca al usuario unas condiciones de rodadura adecuada y permanente, todas las obras de la infraestructura deben ser construidas de forma que se alcance su estabilidad volumétrica y una suficiente resistencia frente a las acciones. Estas acciones son:

- Las cargas del tráfico.
- El peso propio del firme y de los rellenos, que tienden a consolidarlos.
- El agua infiltrada que, a través de la variación de la humedad a lo largo del tiempo puede causar variaciones de resistencia y de volumen.
- Otros agentes climático (tales como una eventual inundación o la congelación del terreno que se puede producir en climas muy fríos.

Para Kramer, Pardillo, Rocci, Romana, Blanco, Del Val (2004), Para lograr la estabilidad volumétrica pueden aplicarse diversos tratamientos, pero el que se adopta de forma generalizada, por su reducido coste y su efectividad, es la compactación. Constituye un tratamiento eficaz y económico de mejora de los suelos y de otros materiales para que resistan las sollicitaciones indicadas con deformaciones permanentes admisibles. Su objetivo es que los materiales que forman la infraestructura no experimenten asientos irregulares por efecto de las acciones mencionadas.

La aplicación de un proceso de compactación debe resolver los problemas tecnológicos que aparecen en cada una de sus tres fases, que son las siguientes:

- La selección de los materiales más adecuados atendiendo a sus propiedades resistentes una vez compactados. Ésta selección debe basarse en la estimación de su compactabilidad y en el establecimiento de sus criterios cuantitativos para decidir si la compactación ha sido suficiente.
- La selección de la maquinaria más adecuada para la compactación estableciendo los detalles del proceso y, en particular, el espesor de las capas, el número necesario de pasadas y la humedad óptima de compactación.
- El control de la compactación con la consiguiente aceptación o el rechazo de la obra ejecutada.

Para calcular la densidad seca utilizamos la siguiente fórmula:

$$D_S = \frac{D_h}{1 + \frac{W\%}{100}} \text{----- (F. 8)}$$

Donde:

Dh = densidad húmeda.

W%= contenido de humedad.

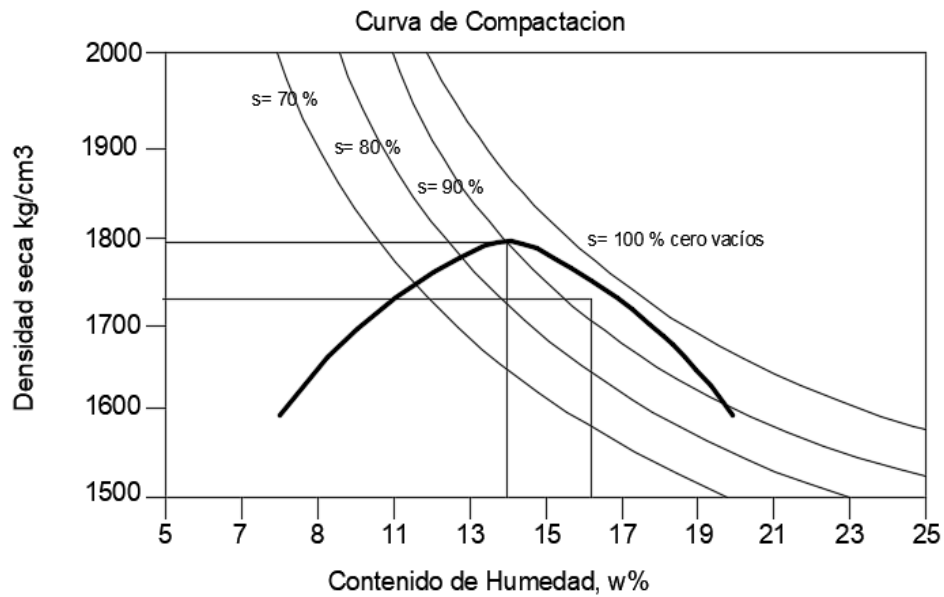
- **El diagrama densidad – humedad**

Según Kramer, Pardillo, Rocci, Romana, Blanco, Del Val (2004), Para representar el estado del suelo se recurre a un diagrama que tiene en el eje de abscisas a la humedad (en tanto por ciento en peso) y en las ordenadas la densidad seca (la densidad del suelo cuando todos los huecos están ocupados por aire. Éste último parámetro se refiere a la densidad real, ya que ésta varía con el contenido de humedad de compacidad de sólidos.

Chirinos (2016), nos muestra la figura N° 4, en la cual se puede ver que el grado de saturación aumenta con el aumento de la humedad. En ésta gráfica, para la densidad de sólidos del suelo al ser éste compactado, alcanza un grado de saturación del 80% en el punto de peso específico seco máximo y humedad óptima (línea horizontal superior) A partir de este punto, el grado de saturación sigue en aumento con la adicción de agua, hasta que llega a su mayor grado de saturación aproximadamente del 90% (línea horizontal inferior). A partir de este punto, el grado de saturación decrece, permaneciendo más o menos constante.

**Figura 4:** Gráfico N°2, curva de compactación.





**Fuente:** tesis: "efecto de la energía de compactación en la densidad seca máxima y contenido óptimo de humedad del suelo granular de la cantera el gavilán" (Chirinos, 2016).

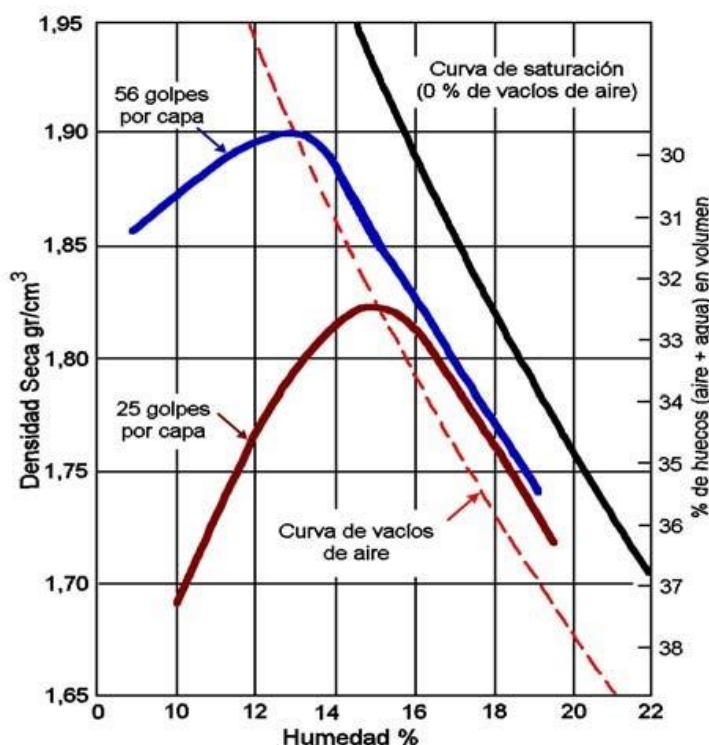
- **Variables que intervienen en el proceso de compactación.**

Para Kramer, Pardillo, Rocci, Romana, Blanco, Del Val (2004), La densidad seca alcanzada depende fundamentalmente de la humedad del suelo durante la compactación, de la energía de compactación y del tipo de suelo (composición mineralógica, granulometría, plasticidad, forma de partículas):

- **Humedad de compactación.**

Si se toman varias muestras de un cierto suelo, se les añaden diferentes cantidades de agua y se procede a continuación a compactar cada una de las muestras siguiendo un método normalizado de compactación, se podrá comprobar que la densidad seca alcanzada depende en cada caso de la humedad de compactación.

**Figura 5:** Gráfico N°3, curva humedad-densidad seca para un suelo dado y una determinada energía de compactación.



**Fuente:** Compactación de suelos y materiales estabilizados (Paramo, 2002)

- **Energía de compactación.**

Para proceder a la compactación, se transmite al material una energía determinada. El efecto de la energía varía según el mecanismo de transmisión (tipo de compactación) y la magnitud de la energía comunicada. En términos generales, cada tipo de compactación dará lugar a una diferente relación humedad-densidad seca para cada clase de suelo. Este hecho explica la existencia de compactadores (tanto en obra como en el laboratorio) basados en distintos principios de funcionamiento y diferente eficacia según el suelo de que se trate.

$$E = \frac{n \cdot N \cdot P \cdot H}{V} \quad \text{----- (F. 9)}$$

E= energía a aplicar en la muestra de suelo.

n = número de capas a ser compactadas en el cilindro de moldeado.

N = número de golpes aplicados por capa;

P = peso del pisón;

H = altura de caída del pisón

V = volumen del molde.

- **Tipo de suelo.**

El comportamiento de un suelo sometido a compactación depende del tipo de suelo (granular o cohesivo).

**Tabla 13:** Características de Compactación de los distintos tipos de Suelos.

Clasificación AASHTO	Ensayo Próctor	
	Densidad seca máxima (g/cm <sup>3</sup> )	Humedad optima (%)
A-1	1.85-2.25	7-15
A-2	1.75-2.15	9-18
A-3	1.75-1.85	9-15
A-4	1.50-2.10	10-20
A-5	1.35-1.60	20-35
A-6	1.50-1.90	10-30
A-7-5	1.35-1.60	20-35
A-7-6	1.45-1.86	15-30

**Fuente:** Ingeniería de Carreteras, Vol. II. (Kramer, Pardillo, Rocci, Romana, Blanco, Del Val, 2004)

Los métodos de compactación en el laboratorio se determinan mediante:

- Método Compactación Próctor Estándar según la norma MTC 116 – 2016 (ASTM D-698).
- Método de Compactación Próctor Modificado según norma MTC 115 -2016 (ASTM D-1557).

**Tabla 14:** Especificaciones de las pruebas Próctor.

Especificaciones para la prueba próctor estándar ASTM 698-91			
Concepto	Método A	Método B	Método C
Diámetro del molde	4 pulg (101.6 mm)	4 pulg (101.6 mm)	6 pulg (152.4 mm)
Volumen del molde	0.0333 pie <sup>3</sup> (944 cm <sup>3</sup> )	0.0333 pie <sup>3</sup> (944 cm <sup>3</sup> )	0.075 pie <sup>3</sup> (2124 cm <sup>3</sup> )
peso del pisón	5.5 lb (2.5 kg)	5.5 lb (2.5 kg)	5.5 lb (2.5 kg)
Altura de caída del pisón	12 pulg (304.8 mm)	12 pulg (304.8 mm)	12 pulg (304.8 mm)
Nº de golpes del pisón por capa	25	25	56
Nº de capas de compactación	3	3	3

Energía de compactación	12400 pie-lb/pie3 (600 kN-m/m3)	12400 pie-lb/pie3 (600 kN-m/m3)	12400 pie-lb/pie3 (600 kN-m/m3)
Especificaciones para la prueba próctor modificado ASTM D 1557			
Concepto	Método A	Método B	Método C
Diámetro del molde	4 pulg (101.6 mm)	4 pulg (101.6 mm)	6 pulg (152.4 mm)
Volumen del molde	0.0333 pie3 (944 cm3)	0.0333 pie3 (944 cm3)	0.075 pie3 (2124 cm3)
peso del pisón	10 lb (4.54 kg)	10 lb (4.54 kg)	10 lb (4.54 kg)
Altura de caída del pisón	18 pulg (457.2 mm)	12 pulg (304.8 mm)	12 pulg (304.8 mm)
Nº de golpes del pisón por capa	25	25	56
Nº de capas de compactación	5	5	5
Energía de compactación	56000 pie-lb/pie3 (2700 kN-m/m3)	56000 pie-lb/pie3 (2700 kN-m/m3)	56000 pie-lb/pie3 (2700 kN-m/m3)
Suelo por usarse	Porción que pasa la malla Nº 4 (4.57 mm). Puede usarse si 20% o menos por peso de material es retenido en la malla Nº 4.	Porción que pasa la malla de 3/8 pulg (9.5 mm). Puede usarse si el suelo retenido en la malla Nº 4 es más de 20% y 20% o menos por peso es retenido en la malla de 3/8 pulg (9.5 mm).	Porción que pasa la malla de 3/4 pulg (19.0 mm). Puede usarse si más de 20% por peso del material es retenido en la malla de 3/8 pulg (9.5 mm) y menos de 30% por peso es retenido en la malla 3/4 pulg (19.0 mm)

**Fuente:** Principios de ingeniería de cimentaciones (Braja, 2001)

### 2.2.3.8. Capacidad de soporte de los suelos.

Para Kramer, Pardillo, Rocci, Romana, Blanco, Del Val (2004). La superficie obtenida con las explanaciones, sobre las que se apoya la superestructura, se denomina explanada. Constituye el soporte directo del firme, por lo que debe tener una resistencia y una regularidad geométrica adecuada.

El comportamiento de un firme depende en gran medida de las características de los suelos sobre los que se apoya. Por otro lado, las capas del firme deben distribuir las cargas de tráfico a fin de que las presiones que llegan a la explanada sean suficientemente reducidas para que no se produzcan deformaciones permanentes que se reflejarían inevitablemente en la superficie de rodadura. Por ello, la calidad del cimiento del firme influye directamente en las características

y en los espesores de las capas del firme, cuya determinación es lo que se denomina dimensionamiento.

En consecuencia, se conoce como capacidad de soporte del cimiento del firme a su resistencia a la deformación bajo las cargas del tráfico. Los factores principales que intervienen en esta capacidad de soporte son:

- La resistencia al esfuerzo cortante de los materiales que lo constituyen, que depende a su vez de la densidad alcanzada y de su humedad de puesta en obra.
- La humedad existente en cada momento. Los suelos saturados tienen una capacidad de soporte inferior a los suelos no saturados, por lo que en general a mayor humedad el suelo presenta una menor capacidad de soporte.

Para Montejo (2002), los ensayos de resistencia más difundidos en nuestro medio son el CBR (de laboratorio y campo) y los ensayos de carga sobre una placa.

### **Ensayo de CBR (California Bearing Ratio):**

Para Botía, (2015), La abreviación “CBR” corresponde al California Bearing Ratio, método de análisis de materiales desarrollado en el año de 1929 por la División de Carreteras de California, con el fin de darle una clasificación a la capacidad del suelo para ser utilizado como material de base o sub base. También denominado ensayo de relación de soporte, es el procedimiento por medio del cual mediante pruebas de laboratorio y bajo condiciones de humedad y densidad controlada se puede medir la resistencia al corte de un suelo en el estado en que este se encuentre en ese momento.

Para Kramer, Pardillo, Rocci, Romana, Blanco, Del Val. (2004), El CBR es, pues, el porcentaje de la presión ejercida por un pistón sobre el suelo

con relación a la presión ejercida por una muestra tipo cuando este pistón es introducido en la muestra de suelo con una velocidad de penetración constante.

Para Menéndez (2009), es un ensayo relativamente simple para obtener un indicador de la resistencia del suelo de la subrasante, sub base y base para uso en carreteras y pavimentos de aeropuertos. El ensayo fue desarrollado por la División de Carreteras de California en 1929 y adoptado por el cuerpo de ingenieros para usarlo en el diseño de pavimentos flexibles en lugares donde el congelamiento no es un factor de control.

El procedimiento de este ensayo determina los materiales para la subrasante, base y sub base de un pavimento a partir de especímenes compactados en laboratorio que pueden ser usados en el diseño de pavimentos específicos. Consiste en dos pasos:

- Preparar los especímenes para el ensayo de suelos.
- Realizar el ensayo de penetración en las muestras de suelos preparadas.

Aunque los ensayos de penetración son frecuentemente realizados en especímenes de laboratorio, también podrían realizarse sobre muestras inalteradas de suelo o en el campo donde se encuentra el suelo.

El ensayo esencialmente mide la resistencia de cortante de suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas. El CBR para el suelo es la relación obtenida al dividir el esfuerzo de penetración requerido para lograr que un pistón penetre en el suelo 0.10 pulgadas con un esfuerzo estándar de penetración de 1000 libras por pulgada cuadrada (psi). Este esfuerzo estándar de penetración es aproximadamente lo que se requiere para lograr que el mismo pistón penetre 0.10 pulgadas dentro de la masa de roca triturada (piedra caliza) el valor de CBR puede ser considerado como la fuerza del suelo respecto a la piedra triturada.

$$CBR = \frac{\text{CARGA UNITARIA DEL ENSAYO}}{\text{CARGA UNITARIA PATRON}} * 100 \text{ ----- (F. 10)}$$

**Tabla 15:** calificación que se le da al suelo de subrasante, base y sub base en función del CBR.

CBR	Calificación	Uso	SUCS	AASHTO
0-3	Muy pobre	Subrasante	CH, MH	A5, A6, A7
3-7	Pobre - Regular	Subrasante	CH, MH	A4, A5, A6, A7
7-20	Regular	Subrasante	CL, ML, SC, SM, SP	A2, A4, A6, A7
20-50	Bueno	Base - Sub base	GM, GC, SW, SM, SP, GP	A1b, A2-5, A3, A2-6
>50	Excelente	Base	GW, GM	A1a, A2-4, A3

**Fuente:** Ecuaciones de correlación del CBR con propiedades índice de suelos para la ciudad de Piura (Araujo, 2014).

### 2.2.3.9. Ensayo de Desgaste Abrasión (Canteras): Abrasión los Ángeles al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37,5 mm (1½”).

Según el Manual de ensayo de materiales, MTC E 207-2016. Se establece el procedimiento para ensayar agregados gruesos de tamaños menores que 37,5 mm (1 ½”) para determinar la resistencia a la degradación utilizando la Máquina de Los Ángeles.

El ensayo consiste en colocar la muestra de ensayo y la carga en la máquina de Los Ángeles y rotarla a una velocidad entre 30 rpm a 33rpm, por 500 revoluciones. Luego del número prescrito de revoluciones, descargar el material de la máquina y realizar una separación preliminar de la muestra, sobre el tamiz normalizado de 1,70 mm (Nº 12). Tamizar la porción más fina que 1,70 mm conforme al Modo Operativo MTC E 204. Lavar el material más grueso que la malla de 1,70 mm y secar al horno a 110 ± 5 °C,) y determinar la masa con una aproximación a 1 g.

La carga consistirá en esferas de acero de aproximadamente 46,8 mm (1 27/32 pulg) de diámetro y cada una tendrá una masa entre 390 g y 445 g. La carga, dependiendo de la gradación de la muestra será como sigue:

**Tabla 16:** Carga dependiendo la gradación de la muestra.

Gradación	Numero de esferas	Masa de la carga (g)
A	12	5000 ±25
B	11	5001 ±25
C	8	5002 ±20
D	6	5003 ±15

**Fuente:** Manual de ensayo de materiales, MTC E207-2016.

Según el Manual de ensayo de materiales, MTC E207-2016, para calcular la pérdida (diferencia entre la masa inicial y final de la muestra) como un porcentaje de la masa original de la muestra de ensayo. Informar este valor como el porcentaje de pérdida.

$$D\% = \frac{\text{peso inicial} - \text{peso final}}{\text{peso inicial}} * 100 \text{ ----- (F. 11)}$$

**Tabla 17:** Gradación de las muestras de ensayo.

Medida de tamiz (abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
Que pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	D
37,5 mm (1 1/2")	25.0 mm (1")	1250 ± 25	-.	-.	-.
25,0 mm (1 ")	19,0 mm (3/4")	1250 ± 25	-.	-.	-.
19,0 mm (3/4")	12,5 mm (1/2")	1250 ± 10	2500 ± 10	-.	-.
12,5 mm (1/2")	9,5 mm (3/8")	1250 ± 10	2500 ± 10	-.	-.
9,5 mm (3/8")	6,3 mm (1/4")	-.	-.	2500 ± 10	-.
6,3 mm (1/4")	4,75 mm (N°4)	-.	-.	2500 ± 10	-.
4,75 mm (N°4)	2,36 mm (N°8)	-.	-.		5000
TOTAL		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

**Fuente:** Manual de ensayo de materiales, MTC E207-2016.

### **Resistencia al desgaste de los agregados gruesos de tamaños mayores de 19 mm (3/4") por medio de la Máquina de los Ángeles.**

Según el Manual de ensayo de materiales, MTC E 207-2016 anexo C. Establecer los procedimientos para ensayar agregados gruesos de tamaño grande mayores que 19,0 mm (3/4 pulg), para determinar la resistencia a la degradación utilizando la Máquina de Los Ángeles.

Este Modo Operativo es una medida de la degradación de agregados minerales de gradaciones normalizadas resultantes de una combinación de acciones, las cuales incluyen abrasión o desgaste, impacto y trituración, en un tambor de acero en rotación que contiene 12 esferas de acero, dependiendo de la gradación de la muestra de ensayo.



Colocar la muestra de ensayo y la carga en la máquina de Los Ángeles y rotarla a una velocidad entre 30 rpm a 33 rpm, por 1 000 revoluciones. Luego del número prescrito de revoluciones, descargar el material de la máquina y realizar una separación preliminar de la muestra, sobre el tamiz normalizado de 1,70 mm (Nº 12). Tamizar la porción más fina que 1,70 mm conforme al Modo Operativo MTC E-204. Lavar el material mayor que de 1,70 mm y secar al horno a  $110 \pm 5$  °C, a peso constante y determinar la masa con aproximación a 1 g.

**Tabla 18:** Gradación de las muestras de ensayo.

Tamaño de tamiz mm (pulg) (abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g		
Que pasa	Retenido sobre	1	2	3
75 (3)	63 (2 1/2)	2500 ± 50	-.	
63 (2 1/2)	50 (2)	2500 ± 50	-.	-.
50 (2)	37,5 (1 1/2)	5000 ± 50	5000 ± 50	-.
37,5 (1 1/2)	25,0 (1)	-.	5000 ± 50	5000 ± 50
25,0 (1)	19,0 (3/4)	-.	-.	5000 ± 50
TOTAL		10000 ± 100	10000 ± 75	10000 ± 50

**Fuente:** Manual de ensayo de materiales, MTC E207-2016, Anexo C.

### 2.2.3.10. Mezcla de Agregados.

Según Ugaz (2006), para la preparación de una mezcla de dos suelos y la obtención de un tercero que presente una granulometría que garantice propiedades requeridas por especificaciones técnicas; existen diferentes métodos con una misma idea central.

Se tiene a un suelo dividido en varias fracciones donde se conoce el porcentaje de cada fracción y se desea variar uno o más de los porcentajes adicionando una proporción de otro suelo de granulometría conocida, así si A, B, C,... son los porcentajes que pasan una cierta malla de un conjunto de suelos 1, 2, 3,... y que se van a combinar para formar un único suelo y si a, b, e, ... son los porcentajes de dichos suelos que van a entrar en la combinación, el porcentaje de la mezcla que pasará por una cierta malla estará dado por la ecuación:

$$P = aA + bB + cC + \dots \text{----- (F. 12)}$$

Supóngase que se tiene una mezcla de sólo dos suelos, entonces la ecuación (12) queda:

$$P = aA + bB \text{----- (F.13)}$$

Evidentemente  $a + b = 100\%$  de donde:

$$a = 1 - b \text{----- (F. 14)}$$

Sustituyendo en la ecuación (13) se tiene:

$$P = (1 - b)A + bB = A - Aa + bB$$
$$P - A = b(B - A)$$

De donde se obtiene:

$$b = \frac{P-A}{B-A} \text{----- (F. 15)}$$

De la misma forma se puede llegar al:

$$a = \frac{P-B}{A-B} \text{----- (F.16)}$$

Las expresiones (15) y (16) dan los porcentajes en que los suelos 1 y 2 deben combinarse para que la mezcla tenga el porcentaje P pasando la malla que se haya elegido como base del cálculo. Obviamente p debe ser seleccionado por el proyectista, en base de sus necesidades prácticas.

### 2.3. Definición de términos básicos.

#### **Pavimento.**

El Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos (2002), lo define como la estructura integral de las capas de subrasante, sub base, base y carpeta colocado encima de la rasante y destinada a sostener las cargas vehiculares.

### **Cantera.**

Para el Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos del MTC-2013, es la fuente de materiales de donde se extraerán agregados para diferentes usos principales como mejoramientos de suelos, terraplenes, afirmado, agregados para rellenos, sub base y base granular, agregados para tratamientos bituminosos, agregados para mezclas asfálticas y agregados para mezclas de concreto.

### **Subrasante.**

Según El Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos (2002), es capa de terreno de una carretera, que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad en que no le afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.

### **Sub base.**

Para Miranda (2010), en los pavimentos flexibles, la sub base es la capa situada debajo de la base y sobre la capa subrasante, debe ser un elemento que brinde un apoyo uniforme y permanente al pavimento.

### **Base.**

Para Miranda (2010), la base es la capa situada debajo de la carpeta (pavimento flexible o rígido). Su función es eminentemente ser resistente, absorbiendo la mayor parte de los esfuerzos verticales y su rigidez o su resistencia a la deformación bajo las sollicitaciones repetidas del tránsito suele corresponder a la intensidad del tránsito pesado.

### **Compactación.**

Braja, (2001), lo define como la densificación del suelo por remoción del aire, lo que requiere energía mecánica.

### **Contenido de humedad óptimo.**

Para Herrera (2014), es el contenido de agua necesario, para alcanzar la máxima densidad seca de un suelo

**Densidad seca máxima.**

Para Herrera (2014), Es la máxima masa de un determinado volumen de suelo seco.

**Índice de plasticidad.**

Herrera (2014), lo define como el valor que determina el rango de humedad en el cual un suelo tiene comportamiento plástico.

**Valor relativo de soporte.**

Herrera (2014), lo define como la relación de la resistencia en porcentaje del suelo en estudio, para una penetración determinada, con la resistencia correspondiente a la misma penetración en una muestra patrón.

## CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 Materiales y equipos.

- Agregado de la cantera “El Guitarrero” y piedra chancada del Río Chonta (cantera Tartar Chico, cuyo propietario es el Ing. Edilberto Aguilar Flores).
- Agua.
- Papel filtro
- Materiales de escritorio y gabinete.
- Juego de Tamices (2”, 1 1/2”, 1”, 3/4”, 1/2”, 3/8”, 1/4”, N°4, N°10, N°20, N°30, N°40, N°60, N°100, N°200).
- Horno de secado, capaz de mantener una temperatura de 110 °C.
- Balanza con una aproximación de 0.1 g.
- 01 Balanza con capacidad de 30 kg y una aproximación de 1 g.
- Taras identificadas respectivamente.
- Equipo de Copa de Casagrande.
- Equipo Próctor Modificado: Consiste en un pisón, molde cilíndrico, placa de base y anillo de extensión.
- Espátula, Enrazador, comba, cincel, brocha.
- Recipiente de 6 kg de capacidad.
- Probeta de 1000 ml.
- Equipo CBR.
- Deformímetros.
- Prensa Hidráulica: Es la máquina que aplicará presión sobre las muestras drenadas del ensayo de CBR. Aplicará diversas cargas, las que serán graficadas versus la deformación que ocasionen en la muestra; y así poder obtener finalmente la curva Esfuerzo-Deformación de la muestra.
- Máquina de los Ángeles para el ensayo de abrasión.

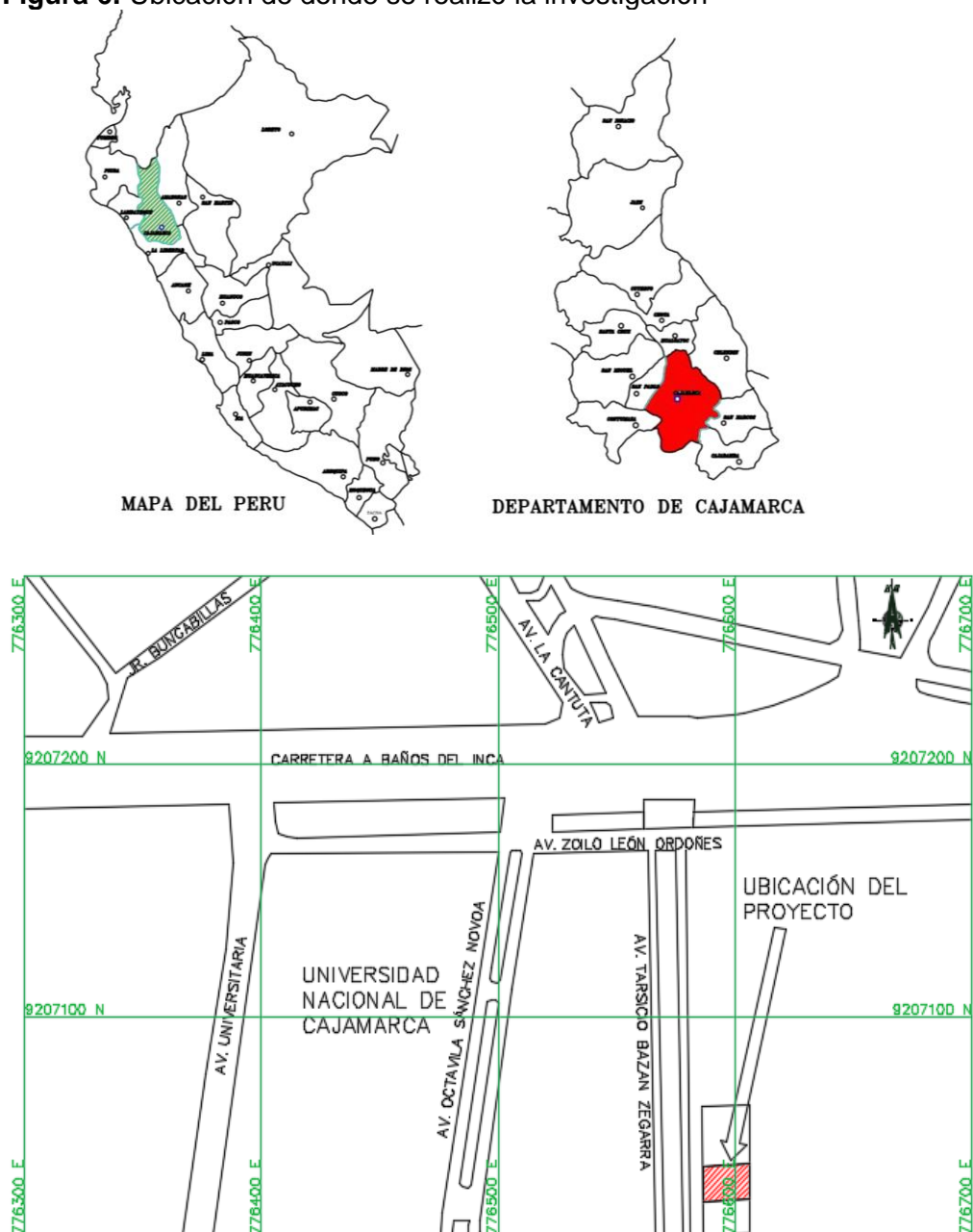
## 3.2 Método

### 3.2.1 Metodología de la investigación

#### 3.2.1.1 Ubicación geográfica.

La investigación se realizó en el distrito, provincia y departamento de Cajamarca; en el laboratorio de Mecánica de suelos y el laboratorio de Ensayo de Materiales “Carlos Esparza Díaz” de la Universidad Nacional de Cajamarca – Facultad de ingeniería.

**Figura 6:** Ubicación de donde se realizó la investigación



COORDENADAS UTM		COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
ESTE	NORTE	LATITUD	LONGITUD
776499.93	9207018.19	7°10'1.77"	78°29'47.42"

### 3.2.1.2 Variables

#### Variables Independientes.

- porcentajes de los materiales de la canteras el guitarrero y piedra chancada del Río Chonta a mezclar.

#### Variables Dependientes.

- Propiedades físico mecánicas de la mezcla de materiales de la cantera El Guitarrero y piedra chancada del Río Chonta.

### 3.2.1.3 Operalización de Variables.

Tabla 19: Operalización de variables.

VARIABLES		CONCEPTO	INDICADOR
TIPO	VARIABLE		
Independiente	Porcentajes de los materiales de la canteras el guitarrero y piedra chancada del Río Chonta a mezclar.	Se desarrolla con los conceptos detallados sobre granulometría y la forma de caracterizarla numéricamente para optimizar las gradaciones.	Gradación de los materiales.
Dependiente	Propiedades físico mecánicas de la mezcla de materiales de la cantera El Guitarrero y piedra chancada del Río Chonta.	Las propiedades de los materiales para carreteras se realizan de acuerdo a las normas peruanas del MTC-2013 y sus equivalentes internacionales ASTM y AASHTO.	Contenido de humedad, límites de consistencia, granulometría, compactación, CBR, abrasión.

Fuente: Propia.





### 3.2.1.4 Matriz de Consistencia.

Tabla 20: Matriz de consistencia.

PROBLEMA	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADOR	FUENTE	TECNICA	INSTRUMENTO
Efectuar la evaluación de la mezcla de agregados de las canteras El Guitarrero y piedra chancada del Río Chonta para bases y sub bases de pavimentos en la ciudad de Cajamarca.	La mezcla de agregados 60% de la cantera El Guitarrero y 40% de piedra chancada del Río Chonta cumplen con las especificaciones técnicas para bases y sub bases de pavimentos en la ciudad de Cajamarca.	<b>Dependiente</b> Propiedades físico mecánicas de la mezcla de materiales de la cantera El Guitarrero y piedra chancada del Río Chonta.	Contenido de humedad, límites de consistencia, granulometría, compactación, CBR, abrasión.	Ensayos de laboratorio.	Cálculos matemáticos.	Análisis gráfico y numérico con Excel.
		<b>Independiente</b> Porcentajes de los materiales de la canteras el guitarrero y piedra chancada del Río Chonta a mezclar.	Gradación de los materiales.	Mezcla de materiales en el laboratorio.	Métodos matemático y gráficos para mezcla agregados	EXCEL

Fuente: Propia.

### 3.2.1.5 Tipo y diseño de la Investigación.

- **Por su finalidad:** Investigación Aplicada, Práctica o Empírica, porque busca la aplicación directa de los conocimientos y sus consecuencias prácticas en los problemas de campo.
- **Por su Estrategia o Enfoque Metodológico:** Investigación Cuantitativa, ya que ayuda a tomar decisiones de una forma confiable para conocer la realidad a través de la recolección y análisis de datos numéricos.
- **Por su Objetivo o Alcance:** Investigación Descriptiva, ya que el objetivo de estudio son las características y las propiedades físico-mecánicas de los materiales de las canteras El Guitarrero, piedra chancada del Río Chonta y sus mezclas.
- **Por su control en el diseño de la prueba:** Investigación Experimental, porque se presenta mediante la manipulación de una o más variables (se realizaran ensayos en laboratorio) en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de descubrir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular.

### 3.2.1.6 Población de Estudio.

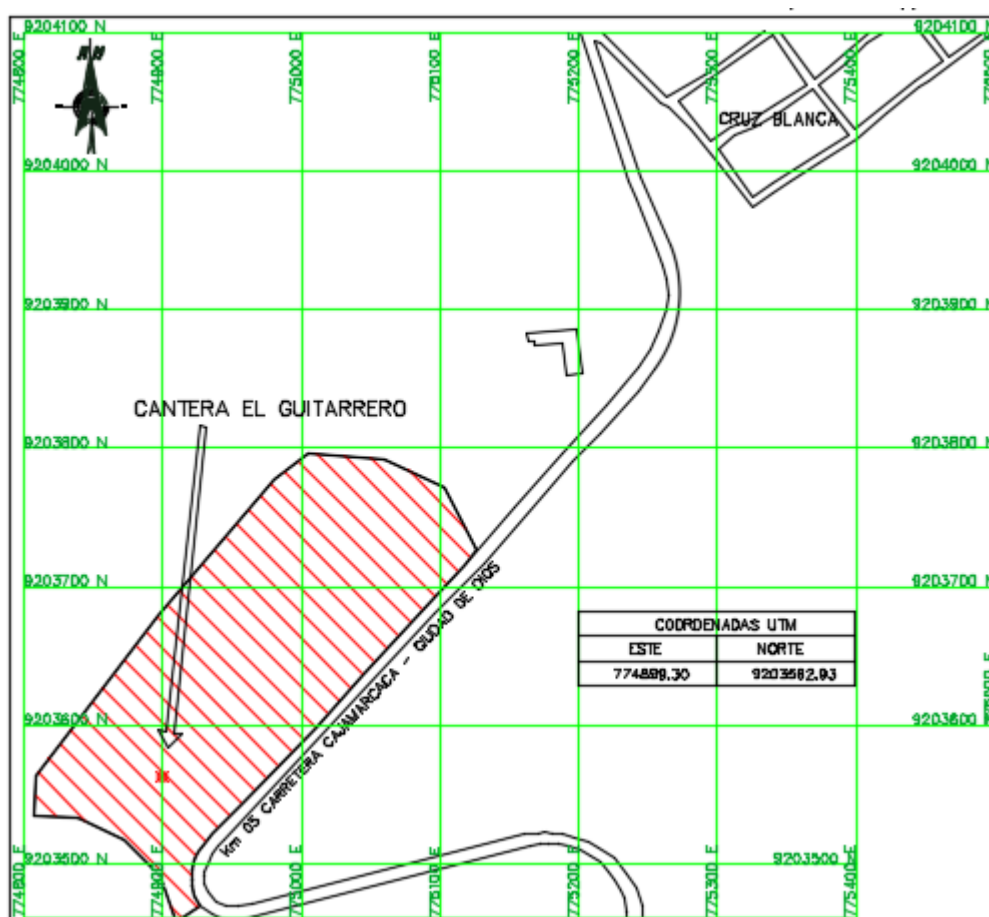
La población en estudio está definida por las canteras de materiales para bases y sub bases usadas para la construcción de pavimentos en la ciudad de Cajamarca.

### 3.2.1.7 Muestra.

Las muestras para la investigación, fue el material granular de la cantera El Guitarrero, utilizado para bases y sub bases de pavimentos en la ciudad de Cajamarca y piedra chancada del Río chonta.

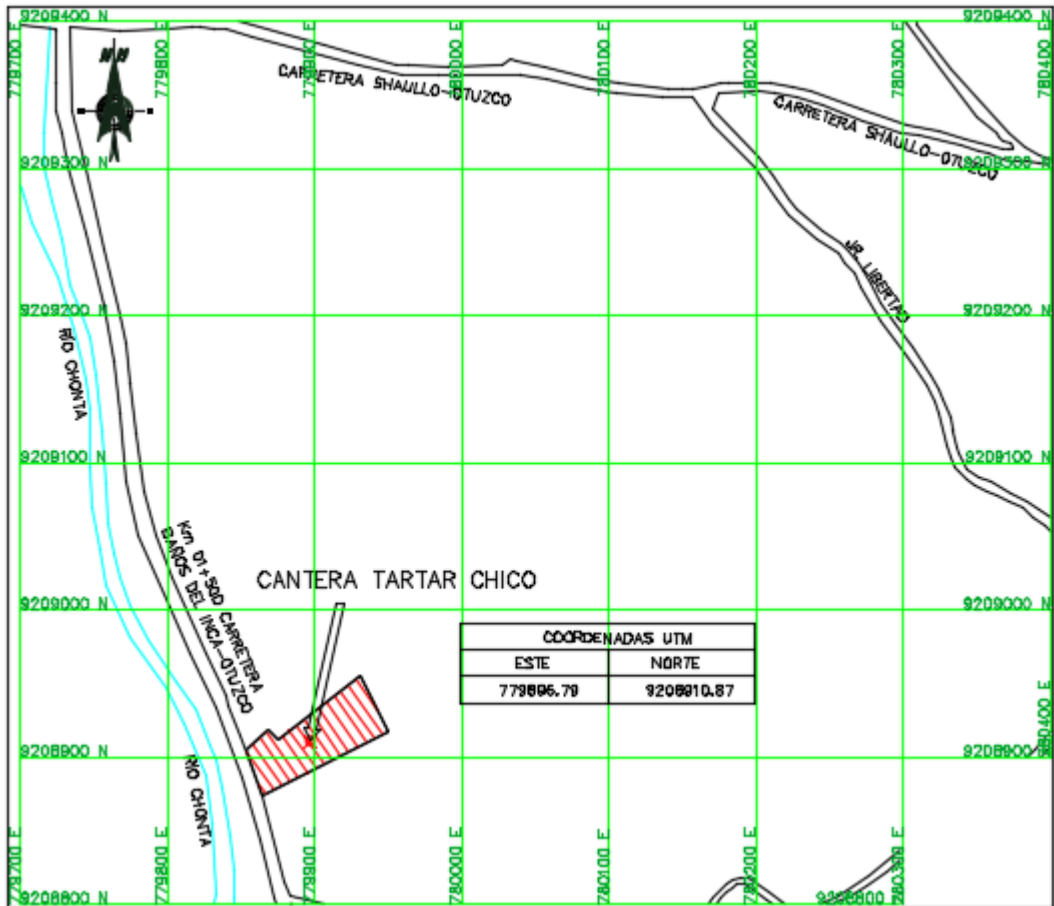
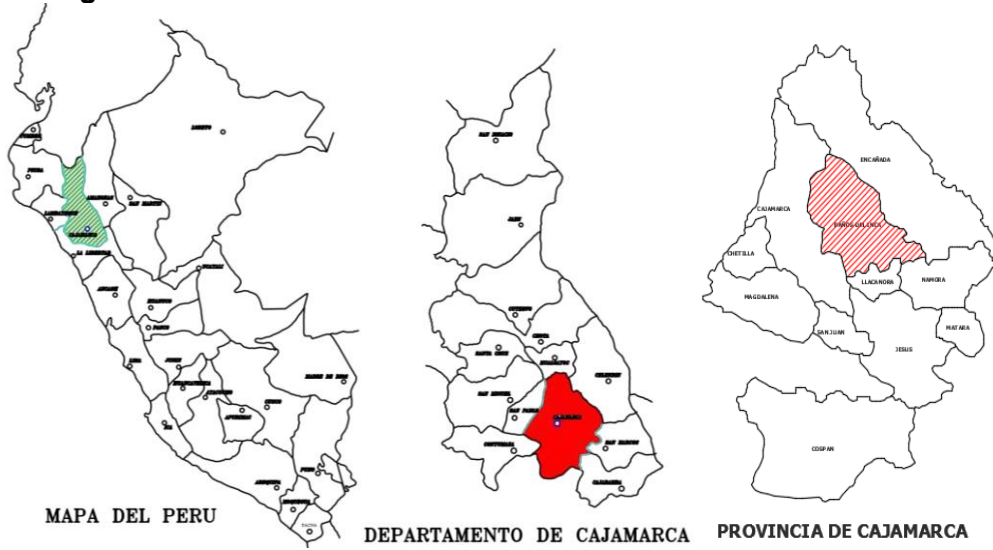
La cantera “El Guitarrero”, la cual es de origen sedimentario, está ubicado a 5 Km en la margen derecha de la carretera Cajamarca - Ciudad de Dios (**ver plano de ubicación en ANEXOS 04**):

**Figura 7:** Ubicación satelital de la cantera el guitarrero.



Y la cantera “Tartar Chico” de propiedad del ing. Edilberto Aguilar Flores; la cual es de origen fluvio – aluvial, conformado por una mezcla rocas calizas y areniscas en mayor cantidad; ubicado a orillas del Río Chonta, Distrito de Baños del Inca (**ver plano de ubicación en ANEXOS 04**):

**Figura 8:** Ubicación satelital de la cantera Tartar Chico.



### **3.2.1.8 Unidad de Análisis.**

Propiedades de los materiales de las canteras El Guitarrero y piedra chancada del Río Chonta y sus respectivas mezclas.

### **3.2.1.9 Tratamiento y Análisis de Datos.**

La recolección de muestras, se realizó siguiendo la Guía para Muestreo de Suelos y Rocas del MTC E 101 - 2016, del Manual de Ensayo de Materiales (2016) el cual forma parte de los manuales de carreteras establecidos por el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial. Tomando como referencia a la norma internacional ASTM D 420-98.

El procedimiento de los ensayos se realizó de manera secuencial teniendo en cuenta las normas técnicas del MTC, ASTM y AASHTO.

Los ensayos se realizaron en el laboratorio de mecánica de suelos y en el laboratorio de materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca, los cuales se presentaran en los anexos.

Los ensayos realizados son los siguientes:

#### **a) Contenido de humedad.**

##### **Muestra.**

La determinación del contenido de humedad se realizó tan pronto después del muestreo.

##### **Aparatos.**

Para este ensayo se utilizó un horno de secado capaz de mantenerse a una temperatura de 105 °C, una balanza de aproximación de 0.1 g para muestras mayores a 200 g. y recipientes para la muestra.

##### **Procedimiento.**

Se registró el peso del recipiente limpio y seco, se colocó el material húmedo al recipiente, a continuación se registró el peso del recipiente + muestra húmeda. Luego colocamos la muestra en

el horno hasta alcanzar una masa constante. 24 horas después se removió el recipiente con la muestra seca del horno y se dejó enfriar hasta la temperatura ambiente y registramos nuevamente el peso del recipiente + muestra seca.

### **Cálculos.**

El cálculo se realizó con la fórmula 01 descrita del capítulo 2.

### **b) Determinación del límite líquido.**

#### **Aparatos.**

Para este ensayo se utilizó equipo de copa de Casa Grande, Tamiz de 426  $\mu\text{m}$  (N° 40), una balanza con sensibilidad de 0,01 g, un recipiente, una tara, estufa controlada y que pueda conservar temperaturas de 110 °C para secar la muestra, un espátula de hoja flexible.

#### **Muestra.**

Se obtuvo una porción representativa de la muestra total de 200g de material pasante del tamiz 425  $\mu\text{m}$  (N° 40).

#### **Procedimiento.**

Se colocó la muestra pasante por la malla N° 40 en el recipiente, mezclamos con un poco de agua con la espátula, a continuación colocó una porción del suelo preparado en la copa de Casa Grande en el punto en que la copa descansa sobre la base, presionándola, y esparciéndola en la copa hasta una profundidad de aproximadamente 10 mm en su punto más profundo, formando una superficie aproximadamente horizontal.

Utilizando el ranurador se dividió la muestra contenida en la copa, haciendo una ranura a través del suelo siguiendo una línea que una el punto más alto y el punto más bajo sobre el borde de la copa, levantamos y soltamos la copa girando el manubrio hasta que las dos mitades de suelo estén en contacto en la base de la

ranura y registramos el número de golpes. Luego tomamos una porción de suelo y colocamos en un recipiente de peso conocido (tara). Seguido se determinó el contenido de humedad  $W$  de la muestra.

### **Cálculos.**

Los cálculos se realizaron con las formula 04 descrita en el capítulo 2.

### c) **Determinación del límite plástico e índice de plasticidad.**

#### **Aparatos.**

Espátula de hoja flexible, recipiente para almacenaje, balanza, con aproximación a 0,01 g, horno o estufa regulable a 110 °C, Tamiz de 426  $\mu\text{m}$  (N° 40), recipientes adecuados para determinación de humedades.

#### **Muestra.**

Se tomó aproximadamente 20 g de la muestra que pasa por el tamiz de 426 mm (N° 40), preparado para el ensayo de límite líquido. Amasamos con agua hasta que pueda formarse con facilidad una esfera con la masa de suelo y tomamos una porción de dicha masa como muestra para el ensayo.

#### **Procedimiento.**

Moldeamos la mitad de la muestra y rodamos con los dedos de la mano sobre una superficie lisa, con la presión estrictamente necesaria para formar cilindros.

Si antes de llegar al cilindro se ha desmoronado, se vuelve a repetir el proceso, cuantas veces sea necesario, luego determinamos el contenido de Humedad.

### **Cálculos.**

Los cálculos se realizaron con las formulas 05 y 06 descritas en el capítulo 2.

#### **d) Análisis granulométrico.**

##### **Muestra.**

Se preparó una muestra seca para el ensayo, la cual estuvo constituida por dos fracciones: una retenida sobre el tamiz de 4,760 mm (N° 4) y otra que pasa dicho tamiz. Ambas fracciones se ensayaron por separado.

##### **Aparatos.**

Una balanzas con sensibilidad de 1 g., una estufa capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes de 110 °C, tamices de malla cuadrada, envases adecuados para el manejo y secado de las muestras, cepillo y brocha para limpiar las mallas de los tamices.

**Tabla 21:** tamices de malla cuadrada para suelos.

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75.000
2"	50.800
1 1/2"	38.100
1"	25.400
3/4"	19.000
3/8"	9.500
N° 4	4.760
N° 10	2.360
N° 20	1.100
N° 40	0.590
N° 60	0.297
N° 100	0.149
N° 200	0.075

**Fuente:** Manual de ensayo de materiales, MTC E 107-2016.



### **Procedimiento.**

#### **Análisis por medio de tamizado de la fracción retenida en el tamiz de 4,760 mm (N° 4).**

Se separó una porción de muestra retenida en el tamiz de 4,760 mm (N° 4) en una serie de fracciones usando los tamices desde la del tamiz de 3" hasta el tamiz N° 4.

El tamizado se realizó por las diferentes mallas y se procedió a pesar el material retenido en cada uno de los mismos.

#### **El análisis granulométrico de la fracción que pasa el tamiz de 4,760 mm (N° 4).**

Se cogió la muestra pasante por el tamiz N° 4, se procedió al lavado del mismo utilizando la malla N° 200, luego se dejó la muestra húmeda en el horno durante 24 horas para su secado.

El tamizado se realizó por una serie de tamices desde el N° 10 hasta el N° 200 y se pesó el material retenido en cada tamiz.

### **Expresión de resultados.**

El resultado del tamizado se expresó indicando el porcentaje retenido en cada tamiz referido al total de la muestra.

#### **e) Compactación utilizando una energía modificada.**

##### **Muestra.**

La muestra que se utilizó para cada ensayo fue entre 30 y 35 kg aproximadamente pasado por la malla de  $\frac{3}{4}$ " para el método de compactación C.

##### **Aparatos.**

Molde y pisón con las características especificadas en la tabla 17, una balanza con aproximación de 1 gramo, horno de secado, capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 °C, regla recta metálica, tamices o mallas de 19,0 mm ( $\frac{3}{4}$  pulg), 9,5 mm ( $\frac{3}{8}$

pulg) y 4,75mm (Nº 4), herramientas de mezcla tales como cucharas, morteros, mezclador, paleta, espátula y recipientes.

### **Procedimiento.**

Una vez seleccionado el molde de compactación apropiado de acuerdo con el Método C a ser usado, se determinó y anotó su masa con aproximación a 1 gramo, ensamblamos el molde, base y collar de extensión.

Sin secado previo de la muestra, se pasó el material a través del tamiz de 19,0 mm ( $\frac{3}{4}$  pulg) y determinamos el contenido de humedad del suelo.

Se preparó cinco especímenes con contenidos de agua que varían alrededor de 2% de humedad entre cada espécimen.

Se usó entre 5 y 6 kg del suelo tamizado en cada espécimen que se compacta en 5 capas con 56 golpes cada una. Luego se removió el collar del molde y se enrazó la muestra.

Se pesó y registró la masa del espécimen y molde con aproximación al gramo, sacamos 2 muestra de material, una de la parte superior y otra de la parte inferior del molde para determinar el contenido de humedad del espécimen.

### **Cálculos.**

Los cálculos se realizaron con las formula 08 descrita en el capítulo 2, luego en gabinete se graficó la curva densidad seca vs humedad, de esta curva se determinó la densidad máxima seca y el óptimo contenido de humedad.

#### **f) Ensayo de CBR.**

##### **Muestra.**

La muestra se preparó de acuerdo con el procedimiento dados en el método de prueba para compactación.

## **Aparatos.**

Prensa similar a las usadas en ensayos de compresión, utilizada para forzar la penetración de un pistón en el espécimen.

Molde, de metal, cilíndrico, de 152,4mm de diámetro interior y de 177,8 mm de altura, provisto de un collar de metal suplementario de 50,8 mm (2,0") de altura y una placa de base perforada de 9,53 mm (3/8") de espesor.

Disco espaciador, de metal, de forma circular, de 150,8 mm de diámetro exterior y de 61,37 mm de espesor.

Pisón de compactación como el descrito en el modo operativo de ensayo Próctor Modificado.

Aparato medidor de expansión compuesto por: Una placa de metal perforada, por cada molde. Estará provista de un vástago en el centro con un sistema de tornillo que permita regular su altura; Un trípode. Pesas, uno o dos pesas anulares de metal que tengan una masa total de 4,54 kg y pesas ranuradas de metal cada una con masas de 2,27 kg.

Pistón de penetración, metálico de sección transversal circular, de  $49,63 \pm 0,13$  mm ( $1,954 \pm 0,005$ " ) de diámetro, área de 20.27 cm<sup>2</sup> (2 pulg<sup>2</sup>).

Dos diales con recorrido mínimo de 25 mm (1") y divisiones lecturas en 0,025 mm (0,001").

Tanque, con capacidad suficiente para la inmersión de los moldes en agua.

Estufa, capaz de mantener una temperatura de 110 °C.

Balanzas, una de 20 kg de capacidad y otra de 1000 g con sensibilidades de 1 g y 0,1 g, respectivamente.

Tamices, de 4,76 mm (No. 4), 19,05 mm (3/4") y 50,80 mm (2").

Otros como cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc.

### **Procedimiento.**

Luego de haber obtenido la densidad máxima seca y el óptimo contenido de humedad, de la muestra preparada se tomó la cantidad de 5 a 6 kg, más unos 5 kg por cada molde CBR.

Se determinó la humedad natural de la muestra para la compactación. Conocida la humedad natural del suelo, se le añadió la cantidad de agua que faltaba para alcanzar la humedad fijada para el ensayo (humedad óptima) y se mezcla con la muestra.

Para la elaboración de especímenes, se pesó el molde con su base, se colocó el collar y el disco espaciador y, sobre éste, un disco de papel de filtro grueso del mismo diámetro.

Una vez preparado el molde, se procedió a compacta el espécimen en su interior, utilizando en cada molde la proporción de agua y la energía (número de capas y de golpes en cada capa) necesarias para que el suelo quede con la humedad y densidad deseadas. La prueba se efectuó dando 56, 27 y 13 golpes por capa y con contenido de agua correspondiente a la óptima.

Se tomó dos muestras de material entre 100 y 500 gramos antes y después de la compactación para determinar el contenido de humedad.

Terminada la compactación, se quitó el collar y se enrasó el espécimen por medio de un enrasador. Se desmontó el molde y se volvió a montar invertido, sin disco espaciador, colocando un papel filtro entre el molde y se determinó su peso.

Para la inmersión se colocó sobre la superficie de la muestra invertida la placa perforada con vástago, y, sobre ésta, los anillos para completar una sobrecarga.

Para medir el hinchamiento se colocó el trípode de medida con sus patas sobre los bordes del molde, haciendo coincidir el vástago del dial con el de la placa perforada.

A continuación, se sumergió el molde en el tanque con la sobrecarga colocada dejando libre acceso al agua por la parte

inferior y superior de la muestra. Se mantuvo el espécimen en estas condiciones durante 96 horas (4 días) "con el nivel de agua aproximadamente constante, las lecturas se anotó cada 24 horas durante 96 horas.

Después del periodo de inmersión sacamos el molde del tanque y se vertimos el agua retenida en la parte superior del mismo, sosteniendo firmemente la placa y sobrecarga en su posición. Se dejó escurrir el molde durante 15 minutos en su posición normal y a continuación se retiramos la sobrecarga y la placa perforada. Inmediatamente se pesó y se procedió al ensayo de penetración.

**Tabla 22:** Lecturas de la penetración.

Milímetros	Pulgadas
0.63	0.025
1.27	0.050
1.90	0.075
2.54	0.100
3.17	0.125
3.81	0.150
5.08	0.200
7.60	0.300
10.16	0.400
12.70	0.500

**Fuente:** Manual de ensayo de materiales, MTC E 132-2016

Finalmente, se desmontó el molde y se tomó de su parte superior en la zona próxima a donde se hizo la penetración, una muestra para determinar su humedad.

**Cálculos.**

$$\% \text{ Expansión} = \frac{L2-L1}{127} * 100 \text{ ----- (F. 17)}$$

Donde:

L1= Lectura inicial en mm.

L2= Lectura final en mm.

El cálculo del CBR se realizó con la fórmula 10 descrita en el capítulo 2.

**Tabla 23:** Valor de relación de soporte.

Penetración		Presión		
mm	Pulgadas	MN/m <sup>2</sup>	Kgf/cm <sup>2</sup>	Lb/pulg <sup>2</sup>
2.54	0.1	6.9	70.31	1000
5.08	0.2	10.35	105.46	1500

**Fuente:** Manual de ensayo de materiales, MTC E 132-2016.

**g) Ensayo de abrasión.**

**Muestra.**

Se lavó la muestra y secó al horno reduciendo a peso constante a 110 °C, separamos cada fracción individual y combinamos a la gradación de la Tabla 18. Se registró la masa de la muestra previamente al ensayo con aproximación a 1 g.

**Aparatos.**

Máquina de Los Ángeles, Tamices de acuerdo al método establecido (1 ½", 1" y malla N° 12), una balanza con exactitud al 0,1 % de la carga de ensayo sobre el rango requerido para este ensayo, La carga consistió en 12 esferas de acero de aproximadamente 47,0 mm de diámetro y recipientes para las muestras.

**Procedimiento.**

Se colocó la muestra de ensayo y las cargas en la máquina de Los Ángeles y se hizo rotar a una velocidad entre 30 rpm a 33 rpm, por 1 000 revoluciones. Luego del número prescrito de revoluciones, se descargó el material de la máquina y realizamos la separación de la muestra, sobre el tamiz normalizado de N° 12, se lavó el material retenido y secamos al horno a 110 °C, a peso constante y determinamos la masa con aproximación a 1 g.

### **Cálculos.**

Calculamos la pérdida de material con las formula 11 descritas en el capítulo 2, como un porcentaje de la masa original de la muestra de ensayo. El valor es el porcentaje de pérdida.

#### **3.2.1.9.1 Procesamiento de datos y obtención de resultados.**

Los datos fueron procesados utilizando el programa Microsoft Excel para producir una información significativa.

Los resultados son presentados mediante tablas y gráficos con el objetivo de tener datos confiables (ver Anexos).

#### **3.2.1.9.2 Comparación de Resultados**

Los resultados obtenidos se compararon con las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013 del MTC, verificando si los materiales analizados cumplen o no con los requerimientos para su uso en capas de base y sub base.

## CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1 Resultados de la investigación.

Para determinar las propiedades físicas mecánicas del material de la cantera el Guitarrero en estado natural y mezclado con piedra chancada del Río Chonta, se realizaron los ensayos de contenido de humedad, granulometría, límites de consistencia, próctor modificado, CBR y abrasión.

En las siguientes tablas, se muestran los resultados de dichas propiedades, contrastándolas con los requisitos de los materiales para sub base y base de pavimentos de las especificaciones técnicas generales para la construcción EG-2013 del MTC.

**Tabla 24:** Propiedades físico-mecánicas del material natural de la Cantera el Guitarrero.

Ensayo		Requerimiento EG-2013 MTC para subbases	Requerimiento EG-2013 MTC para bases	Resultados de ensayos			
		< 3000 msnm	< 3000 msnm	M-1	M-2	M-3	M-4
Contenido de Humedad (%)				4.17	6.48	5.06	6.15
Límite Líquido (%)		25% máx	25% máx	17.00	17.00	18.00	16.00
Límite Plástico (%)				NP	NP	NP	NP
Índice de Plasticidad (%)		6% máx	4% máx	NP	NP	NP	NP
Granulometría				Curva de gradación B (uso granulométrico)			
Clasificación	SUCS			GW-GM			
	AASHTO			A-1a(0)			
Humedad óptima (%)				7.200	7.440	7.120	7.320
Densidad Máxima Seca (g/cm <sup>3</sup> )				2.110	2.098	2.112	2.105
CBR	AI 100% DMS para 0.1" de penetración	40% mín	Min.80%	43.10%	41.40%	42.90%	42.70%
	AI 95% DMS para 0.1" de penetración			29.10%	30.30%	28.80%	29.30%
	AI 100% DMS para 0.2" de penetración			56.10%	53.60%	55.20%	55.00%
	AI 95% DMS para 0.2" de penetración			37.40%	39.90%	37.60%	38.40%
Esponjamiento				0.13%	0.13%	0.11%	0.12%
Abrasión (%)	Gradación 2	50% máx	40% máx	51.14%	50.77%	50.12%	51.33%

**Fuente:** Propia.



En la tabla 24, se muestra los resultados de las propiedades físico mecánicas de cuatro muestras del material natural de la cantera El Guitarrero.

En la tabla 25, se presenta los resultados de las propiedades físico-mecánicas de la piedra chancada del Río chonta.

**Tabla 25:** Propiedades físico-mecánicas del material de Piedra chancada Río Chonta.

Ensayo		Requerimiento EG-2013 MTC para subbases	Requerimiento EG-2013 MTC para bases	Resultados de ensayos		
		< 3000 msnm	< 3000 msnm	M-1	M-2	M-3
Contenido de Humedad (%)				0.3	0.8	1.98
Límite Líquido (%)		25% máx	25% máx	NP	NP	NP
Límite Plástico (%)				NP	NP	NP
Índice de Plasticidad (%)		6% máx	4% máx	NP	NP	NP
Granulometría				No cumple con ningún uso granulométrico		
Clasificación	SUCS			GP		
	AASHTO			A-1a(0)		
Humedad óptima (%)				NO REALIZADOS		
Densidad Máxima Seca (g/cm <sup>3</sup> )						
CBR	Al 100% DMS para 0.1" de penetración	40% mín	Min.80%			
	Al 95% DMS para 0.1" de penetración					
	Al 100% DMS para 0.2" de penetración					
	Al 95% DMS para 0.2" de penetración					
Esponjamiento						
Abrasión (%)	Gradación 2	50% máx	40% máx	27.57%	27.35%	26.98%

**Fuente:** Propia.

En la tabla 26, se presenta los resultados de las propiedades físico – mecánicas de cuatro muestras de la mezcla de materiales 80% de la Cantera el Guitarrero y 20% de Piedra chancada del Río Chonta.

**Tabla 26:** Propiedades físico-mecánicas del material de la mezcla N°1, 80% de la Cantera el Guitarrero y el 20% de Piedra chancada del Río Chonta.

Ensayo		Requerimiento EG-2013 MTC para subbases	Requerimiento EG-2013 MTC para bases	Resultados de ensayos			
		< 3000 msnm	< 3000 msnm	M-1	M-2	M-3	M-4
Límite Líquido (%)		25% máx	25% máx	16.00	17.00	17.00	17.00
Límite Plástico (%)				NP	NP	NP	NP
Índice de Plasticidad (%)		6% máx	4% máx	NP	NP	NP	NP
Granulometría				Curva de gradación B (uso granulométrico)			
Clasificación	SUCS			GP-GM			
	AASHTO			A-1a(0)			
Humedad óptima (%)				6.800	6.700	6.700	6.900
Densidad Máxima Seca (g/cm <sup>3</sup> )				2.126	2.132	2.130	2.12
CBR	AI 100% DMS para 0.1" de penetración	40 % mín	Min.80%	56.20%	58.90%	57.70%	56.10%
	AI 95% DMS para 0.1" de penetración			40.80%	41.40%	38.30%	41.40%
	AI 100% DMS para 0.2" de penetración			73.00%	75.50%	73.90%	73.50%
	AI 95% DMS para 0.2" de penetración			53.60%	53.00%	50.00%	54.30%
Esponjamiento				0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Abrasión (%)	Gradación B	50 % máx	40% máx	45.77%	45.98%	46.38%	46.33%

**Fuente:** Propia.

En la tabla 27, se presenta los resultados de las propiedades físico - mecánicas de cuatro muestras de la mezcla de materiales 70% de la Cantera el Guitarrero y el 20% de Piedra chancada del Río Chonta.

**Tabla 27:** Propiedades físico-mecánicas del material de la mezcla N°2, 70% de la Cantera el Guitarrero y el 30% de Piedra chancada del Río Chonta.

Ensayo		Requerimiento EG-2013 MTC para subbases	Requerimiento EG-2013 MTC para bases	Resultados de ensayos			
		< 3000 msnm	< 3000 msnm	M-1	M-2	M-3	M-4
Límite Líquido (%)		25% máx	25% máx	16.00	16.00	17.00	17.00
Límite Plástico (%)				NP	NP	NP	NP
Índice de Plasticidad (%)		6% máx	4% máx	NP	NP	NP	NP
Granulometría				Curva de gradación B (uso granulométrico)			
Clasificación	SUCS			GP-GM			
	AASHTO			A-1a(0)			
Humedad óptima (%)				6.700	6.700	6.750	6.7
Densidad Máxima Seca (g/cm3)				2.131	2.135	2.130	2.130
CBR	Al 100% DMS para 0.1" de penetración	40 % mín	Min.80%	63.80%	64.20%	62.60%	63.70%
	Al 95% DMS para 0.1" de penetración			44.70%	45.20%	40.90%	40.40%
	Al 100% DMS para 0.2" de penetración			82.20%	81.60%	80.70%	81.70%
	Al 95% DMS para 0.2" de penetración			58.60%	59.20%	54.20%	53.60%
Esponjamiento				0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Abrasión (%)	Gradación B	50 % máx	40% máx	42.19%	44.29%	43.77%	43.02%

**Fuente:** Propia.

En la tabla 28, se presenta los resultados de las propiedades físico mecánicas de cuatro muestras de la mezcla de materiales 60% de la cantera El Guitarrero y 40% de Piedra chancada del Río Chonta.

**Tabla 28:** Propiedades físico-mecánicas del material de la mezcla N°3, 60% de la cantera El Guitarrero y el 40% de Piedra chancada del Río Chonta.

Ensayo		Requerimiento EG-2013 MTC para subbases	Requerimiento EG-2013 MTC para bases	Resultados de ensayos			
		< 3000 msnm	< 3000 msnm	M-1	M-2	M-3	M-4
Límite Líquido (%)		25% máx	25% máx	17.00	16.00	16.00	17.00
Límite Plástico (%)				NP	NP	NP	NP
Índice de Plasticidad (%)		6% máx	4% máx	NP	NP	NP	NP
Granulometría				Curva de gradación B (uso granulométrico)			
Clasificación	SUCS			GP-GM			
	AASHTO			A-1a(0)			
Humedad óptima (%)				6.400	6.400	6.500	6.610
Densidad Máxima Seca (g/cm <sup>3</sup> )				2.146	2.154	2.13	2.141
CBR	Al 100% DMS para 0.1" de penetración	40 % mín	Min.80%	69.10%	70.10%	68.80%	69.10%
	Al 95% DMS para 0.1" de penetración			47.00%	45.30%	46.10%	46.70%
	Al 100% DMS para 0.2" de penetración			88.70%	87.70%	87.30%	88.10%
	Al 95% DMS para 0.2" de penetración			61.60%	59.10%	60.50%	61.40%
Esponjamiento				0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Abrasión (%)	Gradación B	50 % máx	40% máx	39.25%	38.80%	38.77%	38.74%

**Fuente:** Propia.

En la tabla 29, se presenta la variación de los valores promedio de las propiedades físico mecánicas de la mezcla de materiales en diferentes porcentajes de la cantera El Guitarrero y piedra chancada del Río Chonta, con respecto a las propiedades del material de la cantera El Guitarrero por sí sola.

**Tabla 29:** Variación de los valores promedio de las propiedades físico mecánicas de las mezclas de los materiales de la cantera El Guitarrero y piedra chancada del Río Chonta, respecto a las propiedades de la cantera El Guitarrero por sí solo.

Ensayo		Mezcla de material de la cantera El Guitarrero con piedra chancada del Río Chonta			
		100% - 0%	80% - 20%	70% - 30%	60% - 40%
Límite Líquido (%)		0.00%	0.00%	0.00%	00%
Límite Plástico (%)		NP	NP	NP	NP
Índice de Plasticidad (%)		NP	NP	NP	NP
Humedad óptima (%)		0.00%	6.59%	7.44%	10.68%
Densidad Máxima Seca (g/cm3)		0.00%	0.94%	1.19%	1.71%
CBR	Al 100% DMS para 0.1" de penetración	0.00%	34.75%	49.71%	63.13%
	Al 95% DMS para 0.1" de penetración	0.00%	37.69%	45.58%	57.41%
	Al 100% DMS para 0.2" de penetración	0.00%	34.58%	48.35%	59.99%
	Al 95% DMS para 0.2" de penetración	0.00%	37.68%	47.26%	58.36%
Esponjamiento		0.12%	100.00%	100.00%	100.00%
Abrasión (%)	gradación B	0.00%	9.44%	14.79%	23.41%

**Fuente:** Propia.

La mezcla de los materiales de la cantera El Guitarrero y piedra chancada del Río Chonta son en porcentajes del 80%-20%, 70%-30% y 60%-40% respectivamente; la variación del límite líquido es insignificante debido a que la piedra chancada no tiene partículas igual o menores a la malla N° 40; la densidad máxima seca aumentó en 0.94%, 1.19% y 1.71% con respecto al material de la cantera El Guitarrero por sí solo; la humedad óptima disminuyó en 6.59%, 7.44% y 10.67% respecto al material mencionado.

La mezcla de los materiales de la cantera El Guitarrero con piedra chancada del Río Chonta en los porcentajes del 80%-20%, 70%-30% y 60%-40% respectivamente, aumentó en 34.75%, 49.71% y 63.13% el valor de CBR al 100% de la densidad máxima seca y para una penetración de 0.1" con respecto al material de la cantera El Guitarrero; del mismo modo el porcentaje de abrasión disminuyó en 9.44%, 14.79% y 23.41% respectivamente.

## 4.2 Discusión de resultados

Luego de haber realizado los ensayos para la investigación, evaluamos la variación que se produce al mezclar piedra chancada del Río Chonta con material natural de la cantera El Guitarrero en diferentes proporciones con respecto a este último en las propiedades físico mecánicas de: límites de plasticidad, densidad máxima seca, contenido óptimo de humedad, CBR y abrasión.

De la tabla 24, se observa que de las propiedades del material natural de la cantera El Guitarrero, solamente la abrasión no cumple con las especificaciones técnicas generales de construcción para sub bases (tabla 2). Del mismo modo observamos que las propiedades de CBR referido al 100% de la densidad máxima seca para una penetración de 0.1" y abrasión no cumplen con las especificaciones técnicas generales para bases (tablas 3 y 4).

Los ensayos del material de la piedra chancada del Río Chonta realizados para esta investigación son: la granulometría que no cumple con ninguna de las gradaciones requeridas; el ensayo de abrasión que tiene un valor promedio 27%, el cual nos indica que un material de muy buena calidad y el ensayo de CBR el cual no se ha realizado, pues teóricamente la muestra patrón para un CBR ha sido tomada de una grava como lo indica Kramer, Pardillo, Rocci, Romana, Blanco, Del Val (2004) en el libro de Ingeniería de Carreteras Vol. II.

En las pruebas realizadas de los materiales mezclados de las canteras El Guitarrero y piedra chancada del Río Chonta en diferentes proporciones se observa que la granulometría cumple con la gradación B (usos granulométricos) de la tabla 1.

De las tablas 22, 26, 27 y 28, obtenemos los valores de cada propiedad, ya sea física o mecánica de la mezcla de materiales para determinar la variación de las mismas con respecto a las propiedades de la cantera El Guitarrero:

- En la tabla 30, se presentan los valores de los límites de consistencia correspondiente a los materiales mezclados en diferentes proporciones.

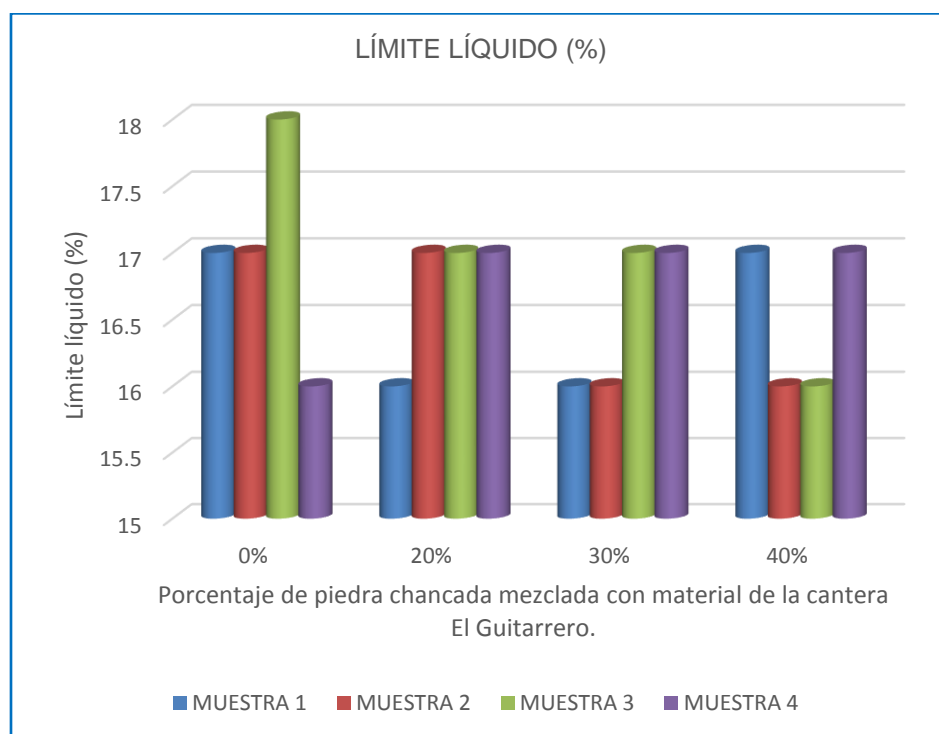
**Tabla 30:** Límites de Atterberg para las diferentes proporciones de mezcla de materiales de la cantera El Guitarrero y piedra chancada del Río Chonta.

Límites de Atterberg.	Muestra	Límites de Atterbeg (%), de la mezcla de materiales de la cantera El Guitarrero y piedra chancada del Río Chonta respectivamente			
		100% - 0%	80% - 20%	70% - 30%	60% - 40%
L. Líquido	M-1	17	16	16	17
	M-2	17	17	16	16
	M-3	18	17	17	16
	M-4	16	17	17	17
L. Plástico	M-1	NP			
	M-2				
	M-3				
	M-4				
Índice de plasticidad	M-1	NP			
	M-2				
	M-3				
	M-4				

**Fuente:** Propia.

Los valores del límite líquido de la tabla 30, para las diferentes porcentajes de mezcla de material no varía considerablemente (ver figura 9), debido a que la piedra chancada no tiene partículas menores que la malla N° 40, por lo tanto todos los valores de límite líquido corresponde al material de la cantera el Guitarrero. El límite líquido cumple con los requisitos de las especificaciones técnicas generales de construcción para sub bases y bases de pavimentos.

**Figura 9:** Grafico N°4, límite líquido de la mezcla de materiales de la cantera El Guitarrero y piedra chancada en diferentes porcentajes.



**Fuente:** Propia

- En la tabla 31, se presentan los valores del contenido óptimo de humedad correspondiente al material de la cantera EL Guitarrero y del material mezclado con piedra chancada del Río Chonta en diferentes porcentajes.

**Tabla 31:** Valores del contenido óptimo de humedad de las mezclas de materiales de la cantera El Guitarrero y piedra chancada del Río Chonta.

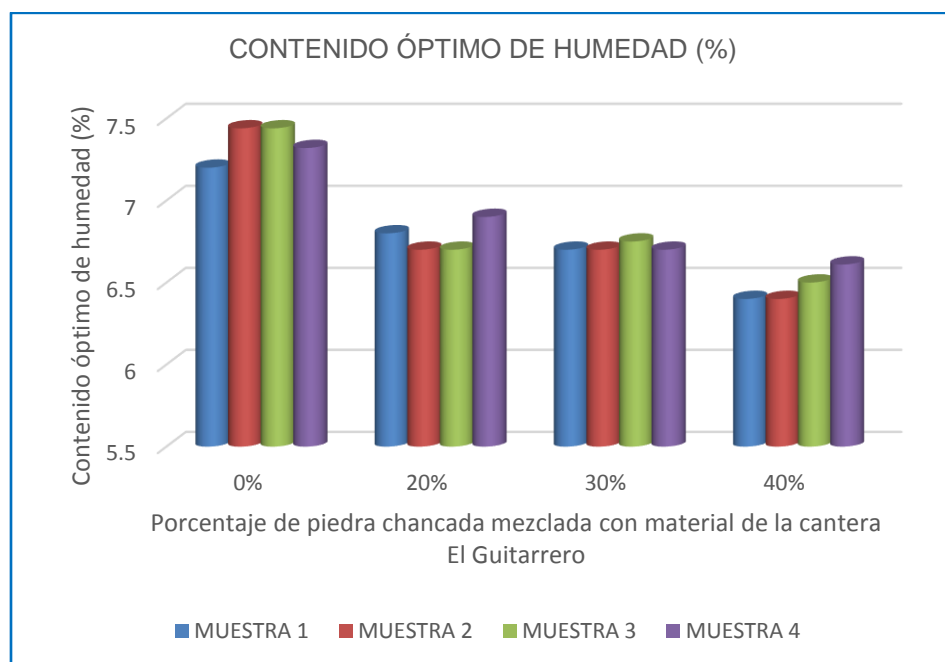
Muestra	Contenido óptimo de humedad (%), de la mezcla de materiales de la cantera El Guitarrero y piedra chancada del Río Chonta respectivamente			
	100% - 0%	80% - 20%	70% - 30%	60% - 40%
M-1	7.2	6.8	6.7	6.4
M-2	7.44	6.7	6.7	6.4
M-3	7.44	6.7	6.75	6.5
M-4	7.32	6.9	6.7	6.61

**Fuente:** Propia.



Graficamos los valores de la tabla 31 para ver la variación que se produce en el contenido de humedad al mezclar material de la Cantera El Guitarrero y piedra chancada en diferentes porcentajes

**Figura 10:** Gráfico N°5, variación del contenido óptimo de humedad de la mezcla de materiales de la cantera El Guitarrero y piedra chancada en diferentes porcentajes.



**Fuente:** Propia

De la figura 10 observamos que al aumentar el porcentaje de piedra chancada en la mezcla con material de natural de la cantera El Guitarrero, el óptimo contenido de humedad disminuye.

- En la tabla 32, se presentan los valores de la densidad máxima seca correspondiente al material de la cantera EL Guitarrero y del material mezclado con piedra chancada del Rio Chonta en diferentes porcentajes.

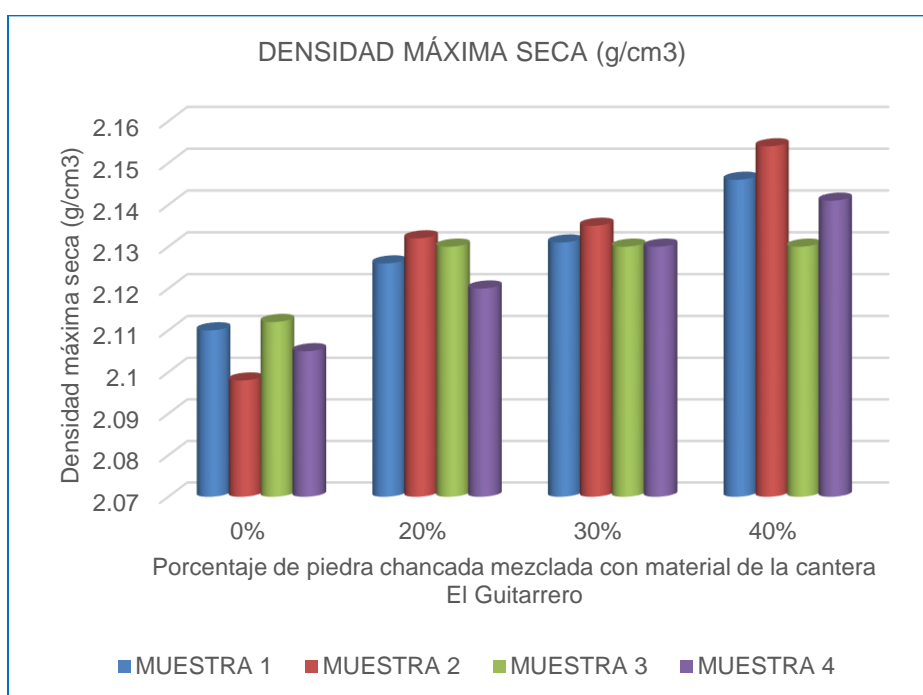
**Tabla 32:** Valores de la densidad máxima seca de la mezcla de materiales de la cantera El Guitarrero y piedra chancada del Río Chonta.

Muestra	Densidad máxima seca (g/cm <sup>3</sup> ) de la mezcla de materiales de la cantera El Guitarrero y piedra chancada del Río Chonta respectivamente			
	100% - 0%	80% - 20%	70% - 30%	60% - 40%
M-1	2.11	2.126	2.131	2.146
M-2	2.098	2.132	2.135	2.154
M-3	2.112	2.13	2.13	2.13
M-4	2.105	2.12	2.13	2.141

**Fuente:** Propia.

Graficamos los valores de la tabla 32 para ver la variación que se produce en la densidad máxima seca al mezclar material de la Cantera El Guitarrero y piedra chancada en diferentes porcentajes.

**Figura 11:** Gráfico N°6, variación de la densidad máxima seca de la mezcla de materiales de la cantera El Guitarrero y piedra chancada en diferentes porcentajes.



**Fuente:** Propia

De la figura 11 observamos que al aumentar el porcentaje de piedra chanca en la mezcla con el material de natural de cantera, la densidad máxima seca aumenta.

Según Garber, Nicholas J; Hoel, Les ter A; (2007), a medida que aumenta la densidad seca máxima de un suelo, se va a reducir el asentamiento y consecuentemente el cambio volumétrico de la capa del material granular que conforma la base del pavimento rígido, amplificando con ello su resistencia, menor permeabilidad, con lo que se reducen los efectos del bombeo en el pavimento.

- En la tabla 33, se presentan los valores del CBR referido al 100% de la densidad máxima seca para una penetración de 0.1" correspondiente a los materiales mezclados en diferentes porcentajes de la cantera El Guitarrero y piedra chancada del Río Chonta.

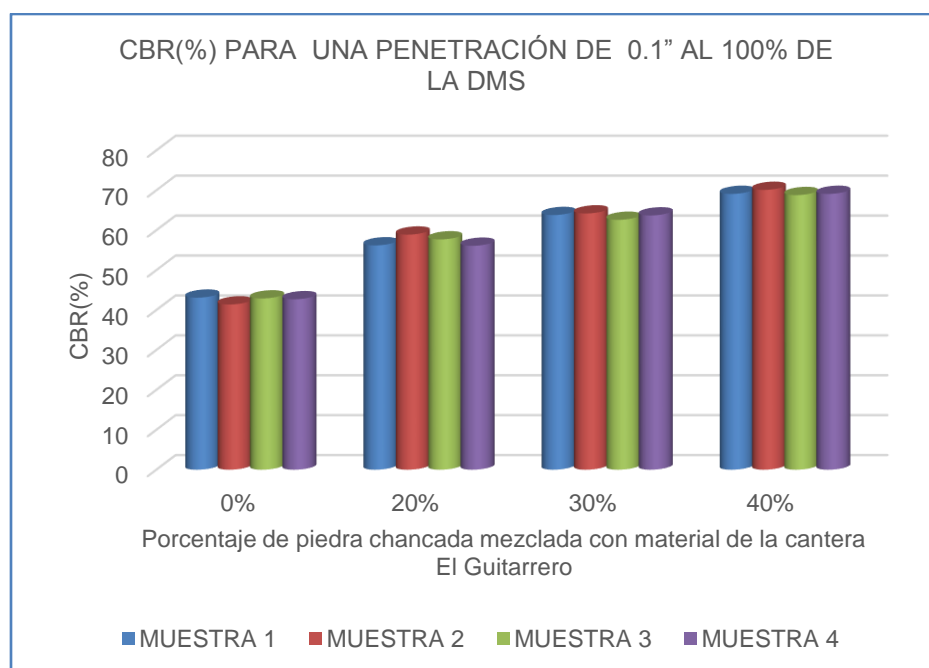
**Tabla 33:** Valores del CBR al 100% de la DMS para una penetración de 0.1" de las mezclas de materiales de la cantera El Guitarrero y piedra chancada del Río Chonta.

Muestra	CBR al 100% de la DMS para una penetración de 0.1", de Mezcla de materiales de la cantera El Guitarrero y piedra chancada del Río Chonta respectivamente			
	100% - 0%	80% - 20%	70% - 30%	60% - 40%
M-1	43.10%	56.20%	63.80%	69.10%
M-2	41.40%	58.90%	64.20%	70.10%
M-3	42.90%	57.70%	62.60%	68.80%
M-4	42.70%	56.10%	63.70%	69.10%

**Fuente:** Propia.

Graficamos los valores de la tabla 33 para ver la variación que se produce en el CBR al mezclar material de la Cantera El Guitarrero y piedra chancada en diferentes porcentajes

**Figura 12:** Gráfico N°7, variación del CBR para una penetración de 0.1” al 100% de la DMS de la mezcla de materiales de la cantera El Guitarrero y piedra chancada en diferentes porcentajes.



**Fuente:** Propia

De la figura 12 se puede observar que al aumentar el porcentaje de piedra chanca en la mezcla con el material de natural de cantera El Guitarrero, el CBR referido al 100% de la DMS para 0.1” de penetración, va aumentando, elevando así la resistencia del suelo.

También observamos que al mezclar piedra chancada y material de cantera El Guitarrero, El CBR referido al 100% de la DMS para 0.1” en general cumple con los requisitos de las especificaciones técnicas generales de construcción para sub bases de pavimentos.

El CBR de la mezcla en proporciones 60% de material de la cantera el guitarrero y 40% de piedra chancada del Río Chonta tiene un valor promedio de 69% y es el material que presenta las mejores propiedades; sin embargo no cumple con el valor mínimo para bases de pavimentos que es 80% referido también al 100% de la DMS para una penetración de 0.1”.

- En la tabla 34, se presentan los valores de la expansión correspondiente a los materiales mezclados en diferentes porcentajes de la cantera El Guitarrero y piedra chancada del Río Chonta.

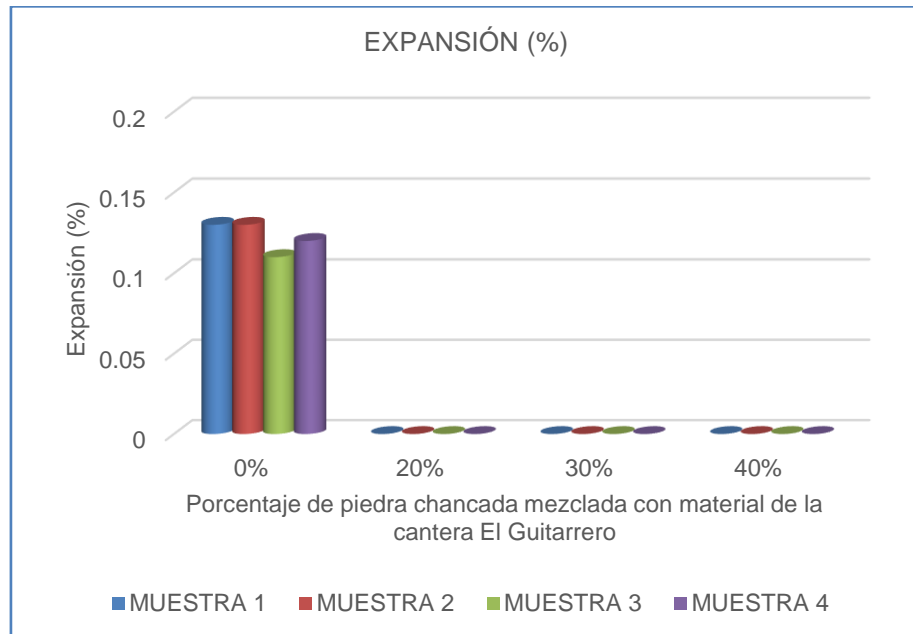
**Tabla 34:** Valores de la expansión de las mezclas de materiales de la cantera El Guitarrero y piedra chancada del Río Chonta.

Muestra	Expansión de la mezcla de materiales de la cantera El Guitarrero y piedra chancada del Río Chonta respectivamente			
	100% - 0%	80% - 20%	70% - 30%	60% - 40%
M-1	0.13%	0.00%	0.00%	0.00%
M-2	0.13%	0.00%	0.00%	0.00%
M-3	0.11%	0.00%	0.00%	0.00%
M-4	0.12%	0.00%	0.00%	0.00%

**Fuente:** Propia.

Graficamos los valores de la tabla 34 para ver la variación que se produce en la expansión al mezclar material de la Cantera El Guitarrero y piedra chancada en diferentes porcentajes

**Figura 13:** Gráfico N°8, variación de la expansión de la mezcla de materiales de la cantera El Guitarrero y piedra chancada en diferentes porcentajes.



**Fuente:** Propia

De la figura 13 observamos que mientras se aumente más piedra chancada y disminuya el porcentaje de material de la cantera el Guitarrero la expansión de la muestra disminuye y se vuelve cero.

Esto nos indica que no habrá cambios de volumen en el material Mezclado y no habrá fallas en los pavimentos causado por la expansión de los mismos.

- En la tabla 35, se presentan los valores de abrasión correspondiente a los materiales mezclados en diferentes porcentajes de la cantera El Guitarrero y piedra chancada del Río Chonta.

**Tabla 35:** Valores de la abrasión de la mezcla de materiales de la cantera El Guitarrero y piedra chancada del Río Chonta.

Muestra	Abrasión de la mezcla de materiales de la cantera El Guitarrero y piedra chancada del Río Chonta respectivamente			
	100% - 0%	80% - 20%	70% - 30%	60% - 40%
M-1	51.14%	45.77%	42.19%	39.25%
M-2	50.77%	45.98%	45.98%	38.80%
M-3	50.12%	46.38%	43.77%	38.77%
M-4	51.33%	46.33%	43.02%	38.74%

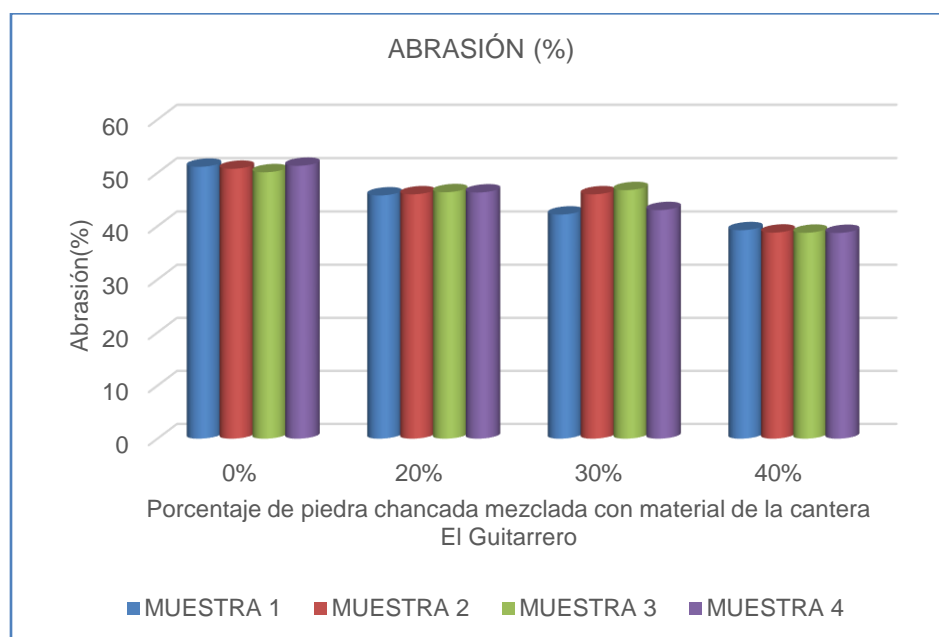
**Fuente:** Propia.

Del mismo modo graficamos los valores de la tabla 35 para ver la variación que se produce en la abrasión al mezclar material de la Cantera El Guitarrero y piedra chancada en diferentes porcentajes

De la figura 14, observamos que mientras se aumente más piedra chancada el desgaste a la abrasión disminuye, el cual nos indica que el material es más resistente a las cargas abrasivas.

La abrasión del material mezclado en proporciones 60% de material de la cantera el guitarrero y 40% de piedra chancada del Río Chonta cumple con las especificaciones técnicas generales de construcción para bases y sub bases.

**Figura 14:** Gráfico N°9, variación de la abrasión de la mezcla de materiales de la cantera El Guitarrero y piedra chancada en diferentes porcentajes.



Fuente: Propia

### 4.3 Contrastación de la hipótesis

Hipótesis: “La mezcla de agregados 60% de la cantera El Guitarrero y 40% de piedra chancada del Río Chonta cumplen con las especificaciones técnicas para la construcción de bases y sub bases de pavimentos en la ciudad de Cajamarca”.

La mezcla de agregados en porcentajes 60% de la cantera El Guitarrero y 40% de piedra chancada del Río Chonta tienen las mejores propiedades, cumplen con las especificaciones para sub bases de pavimentos, pero no cumple a cabalidad con todas las especificaciones de materiales para bases de pavimentos, pues el CBR presenta valores menores al mínimo que es 80% según las especificaciones técnicas de construcción.

## CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones.

- Se evaluó mezclas de agregados de las canteras El Guitarrero y piedra chancada del Río Chonta en los siguientes porcentajes: 80% de material de cantera El Guitarrero y 20% de piedra chancada, 70% de material de cantera El Guitarrero y 30% de piedra chancada, 60% de material de cantera El Guitarrero y 40% de piedra chancada. Las propiedades de las 3 mezclas en los porcentajes mencionados cumplen con las especificaciones técnicas generales de construcción EG-2013 del MTC para sub bases. La mezcla de materiales 60% cantera El Guitarrero y 40% de piedra chancada, es la que presenta mejores propiedades físico mecánicas para ser utilizada como base en pavimentos, pues la única propiedad que no cumple es el CBR, la misma que debe de tener un valor mínimo de 80% según las especificaciones técnicas generales de construcción EG-2013 del MTC para bases.
- Se determinó el límite líquido del material de la cantera El Guitarrero y de la mezcla con piedra chancada en diferentes porcentajes cuyos resultados para las muestras M-1, M-2, M-3 y M-4 son:
  - Valores del límite líquido para el material de la cantera El Guitarrero son: 17%, 16%, 16% y 17%.
  - Valores del límite líquido para la mezcla de materiales 80% de cantera El Guitarrero y 20% de piedra chancada son: 16%, 17%, 17% y 17%.
  - Valores del límite líquido para la mezcla de materiales 70% de cantera El Guitarrero y 30% de piedra chancada son: 16%, 16%, 17% y 17%.
  - Valores del límite líquido para la mezcla de materiales 60% de cantera El Guitarrero y 40% de piedra chancada son: 17%, 16%, 16% y 17%.



- Se determinó el límite plástico e índice de plasticidad del material de la cantera El Guitarrero y de la mezcla con piedra chancada en diferentes porcentajes cuyos resultados para todas las muestras es 0%.
- Se determinó la granulometría del material de la cantera El Guitarrero y de la mezcla con piedra chancada en diferentes porcentajes los cuales cumplen con la Gradación B (uso granulométrico) de las especificaciones técnicas EG-2013 (tabla 1).
- Se determinó El valor del CBR para 0.10" de penetración y al 100% de la densidad máxima seca del material de la cantera El Guitarrero y de la mezcla con piedra chancada en diferentes porcentajes cuyos resultados para las muestras M-1, M-2, M-3 y M-4 son:
  - Valores del CBR para el material de la cantera El Guitarrero son: 43.10%, 41.40%, 42.90% y 42.70%.
  - Valores del CBR para la mezcla de materiales 80% de cantera El Guitarrero y 20% de piedra chancada son: 56.20%, 58.90%, 57.70% y 56.10%.
  - Valores del CBR para la mezcla de materiales 70% de cantera El Guitarrero y 30% de piedra chancada son: 63.80%, 64.20%, 62.60% y 63.70%.
  - Valores del CBR para la mezcla de materiales 60% de cantera El Guitarrero y 40% de piedra chancada son: 69.10%, 70.10%, 68.80% y 69.10%.
- Se determinó la abrasión en la máquina de los Ángeles del material de la cantera El Guitarrero y de la mezcla con piedra chancada en diferentes porcentajes cuyos resultados para las muestras M-1, M-2, M-3 y M-4 son:
  - Valores de abrasión para el material de la cantera El Guitarrero son: 51.14%, 50.77%, 50.12% y 51.33%.
  - Valores de abrasión para la mezcla de materiales 80% de cantera El Guitarrero y 20% de piedra chancada son: 45.77%, 45.98%, 46.38% y 46.33%.
  - Valores de abrasión para la mezcla de materiales 70% de cantera El Guitarrero y 30% de piedra chancada son: 42.19%, 45.98%, 43.77% y 43.02%.

- Valores de abrasión para la mezcla de materiales 60% de cantera El Guitarrero y 40% de piedra chancada son: 39.25%, 38.80%, 38.77% y 38.74%.

## **5.2 Recomendaciones**

- Evaluar el material de la cantera El Guitarrero con aditivos estabilizantes para bases de pavimentos en la ciudad de Cajamarca así como también los costos.
- Evaluar el material de la cantera El Guitarrero, mezclado con material global de río para bases de pavimentos.
- Evaluar los resultados obtenidos, en el diseño de espesores de la losas de pavimento rígido.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Asociación Nacional Técnica de Estabilizados en Suelos y Reciclado de firmes (ANTER). 2013. Mezcla de Suelos “in situ”. Madrid. España.
- Araujo Navarro, William. 2016. Tesis: Ecuaciones de correlación del CBR con propiedades índice de suelos para la ciudad de Piura. Piura. Perú.
- Botía Díaz, WA. 2015. Tesis: Manual de Procedimientos de Ensayos de Suelos y Memoria de Cálculo. Bogotá- Colombia. Universidad Militar de Granada.
- Braja M. Das. 2001. Principios de ingeniería de Cimentaciones. clasificación de suelos-capacidad de carga. International Thomson Editores. Cuarta edición. México.
- Bonett Solano, Gabriel E. 2014. Guía de procesos constructivos de una vía en pavimento flexible. Bogotá. Colombia. Universidad Militar Nueva Granada.
- Chang Arbitres, Carlos. 2008. Guía Metodológica de Diseños Equivalentes de Pavimentos (ASOCEM).
- Chirinos Quispe, Carlos J. 2016. Tesis: Efecto de la energía de compactación en la densidad seca máxima y contenido óptimo de humedad del suelo granular de la cantera el gavilán. Cajamarca. Perú.
- Crespo Villalaz. 2004. Mecánica de Suelos y Cimentaciones. Límites de Consistencia. Editorial Limusa S.A. Quinta Edición. México.
- Garber, NJ; Hoel, LA. 2005. Ingeniería de tránsito y carreteras. Tercera edición. Editorial Thomson. México.
- Gonzales Boada, Jordi. 2012. Recuperado de <https://www.cuevadelcivil.com/2010/01/clasificacion-de-suelos-por-los-metodos.html>
- Herrera Rojas, Rosmery S. 2014. Tesis: Efecto del cemento portland tipo 1, como estabilizante del material granular de la cantera el guitarrero para bases de pavimentos rígidos. Cajamarca. Peru. EAPIC-UNC.
- Juárez Badillo, E; Rico Rodríguez, A. 2005. Mecánica de Suelos, Tomo I, Fundamentos de la Mecánica De Suelos. Clasificación e Identificación de Suelos, compactación de suelos. Editorial Limusa S.A. México.

- Kraemer, C; Pardillo, J; Rocci, S; Romana, MG; Sánchez Blanco, V; Del Val, MA. 2004. Ingeniería de Carreteras, Vol. II. Compactación y CBR. Editor: Concepción Fernández Madrid. Primera Edición. Madrid. España.
- Menéndez Acurio, José R. 2009. Ingeniería de pavimentos: materiales, diseño y conservación. Primera edición. Lima. Perú. ICG.
- Miranda Rebolledo, Ricardo J. 2010. Tesis: Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos. Valdivia. Chile. Universidad Austral de Chile.
- Montejo Fonseca, Alfonso. 2002. Ingeniería de pavimentos para carreteras. Segunda edición. Bogotá. Colombia.
- MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones). 2016. Manual de ensayos de materiales. Lima. Perú.
- MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones). 2013. Manual de Carreteras: Especificaciones técnicas generales de construcción EG-2013, Tomo I. Lima. Perú.
- MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones). 2013. Manual de Carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Sección Suelos Y pavimentos. Lima. Perú.
- Ovalle Cárdenas, Eladio F. 2014. Tesis: estabilización química de los bordes de un terraplén erosionados por escorrentías. Valdivia. Chile. Universidad Austral de Chile.
- Paramo, Jorge A. 2002. Compactación de suelos y materiales estabilizados. Rosario. Argentina. Universidad nacional de Rosario.
- Rico Rodríguez, A.; Del Castillo, H. 2005. La Ingeniería de Suelos en Vías Terrestres: Carreteras, Ferrocarriles y Aeropista. Clasificación de suelos desde el punto de vista la de vías terrestres. Editorial Limusa S.A. México.
- Ugaz Palomino, Roxana M. 2006. Estabilización de suelos y su aplicación en el mejoramiento de sub rasante. Lima. Peru. UNI-FIC.
- Urcia Díaz, P. 2013. Tesis: Análisis de mezclas de materiales de la cantera de Pinos y Tajo La Quinoa para su uso en las vías de Minera Yanacocha. Cajamarca. Perú. EAPIC-UNC.
- Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) y Secretaria de Integración Económica Centroamericana (SIECA). 2002. Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos. Guatemala.

- Sánchez Sabogal, Fernando. 2016. Introducción al diseño de pavimentos.
- Valdivia Cariat, José A. 2016. Tesis: Factibilidad de implementación del material suelo-cemento como material de construcción para viviendas de bajo costo en el Perú anexos. Lima. Perú. PUCP.
- Zarate Aquino, Manuel. 2005. Diseño de Pavimentos Flexibles, primera parte. México. México. Facultad de Ingeniería: División de Educación Continua.

#### SITIOS WEB.

DURAVIA. 2011. es la unidad de negocios de UNICON y UNACEM. Estructura del pavimento (en línea). Disponible en: <http://www.duravia.com.pe>.

**ANEXO 01:** propiedades físico-mecánicas del material natural de Cantera el Guitarrero, piedra chancada del Río Chonta y de la mezcla de materiales en diferentes proporciones de los mismos.

**PROPIEDADES FISICO MECANICAS DEL MATERIAL NATURAL DE LA CANTERA EL GUITARRERO**

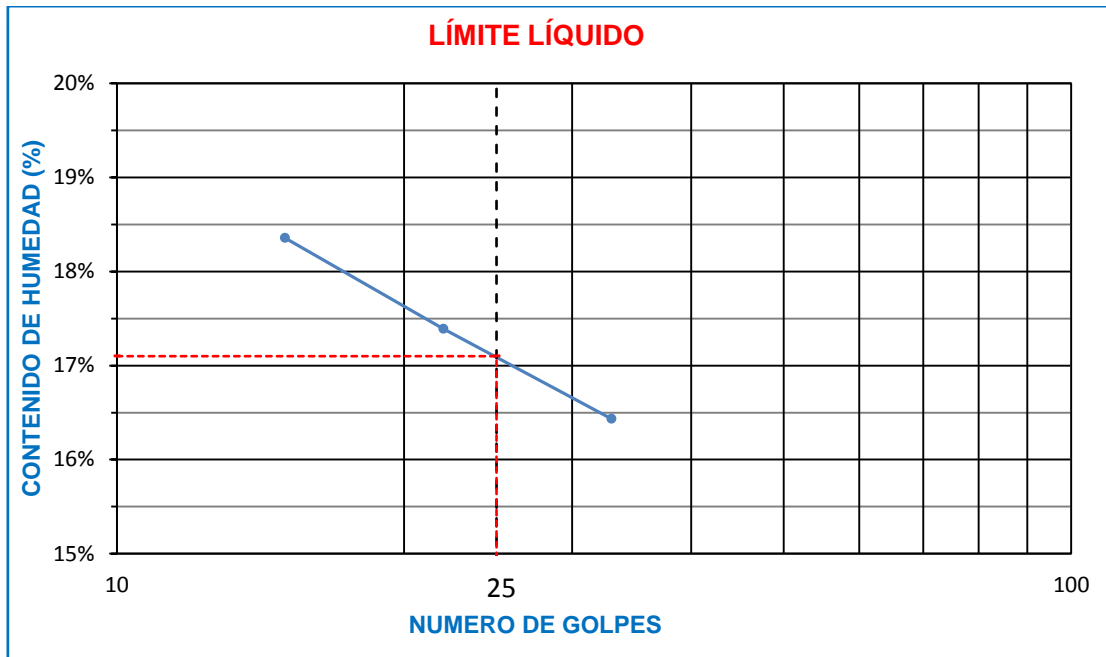
**ENSAYO:** contenido de humedad del material natural de la cantera el guitarrero.

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>				
MUESTRA	1	2	3	4
PESO HUMEDO + PESO DE TARA (g)	560	2011	2842	2564
PESO SECO + PESO DE TARA (g)	540	1895	2711	2422
PESO DEL AGUA (g)	20	116	131	142
PESO DE TARA (g)	60	104	123	112
PESO SECO (g)	480	1791	2588	2310
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>	<b>4.17</b>	<b>6.48</b>	<b>5.06</b>	<b>6.15</b>

**MUESTRA N°01: MATERIAL NATURAL CANTERA EL GUITARRERO**

**ENSAYO:** Límites de atterberg, muestra N° 01, material natural de la cantera El Guitarrero.

<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>				<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>			
TARA N°	1	2	3	TARA N°	1	2	PROM.
Wt + M. Húmeda (g)	<b>44.40</b>	<b>41.80</b>	<b>45.40</b>	Wt + M. Húmeda (g)			
Wt + M. Seca (g)	<b>41.81</b>	<b>39.40</b>	<b>42.93</b>	Wt +M. Seca (g)			
W tara (g)	<b>27.70</b>	<b>25.60</b>	<b>27.90</b>	W tara (g)			
W agua (g)	2.59	2.40	2.47	W agua (g)			
W M. Seca(g)	14.11	13.80	15.03	W M. Seca (g)			
W (%)	18.36%	17.39%	16.43%	W (%)			NP
N° GOLPES	<b>15</b>	<b>22</b>	<b>33</b>				



Determinamos los valores de los límites de Atterberg.

**Límite líquido: 17%**

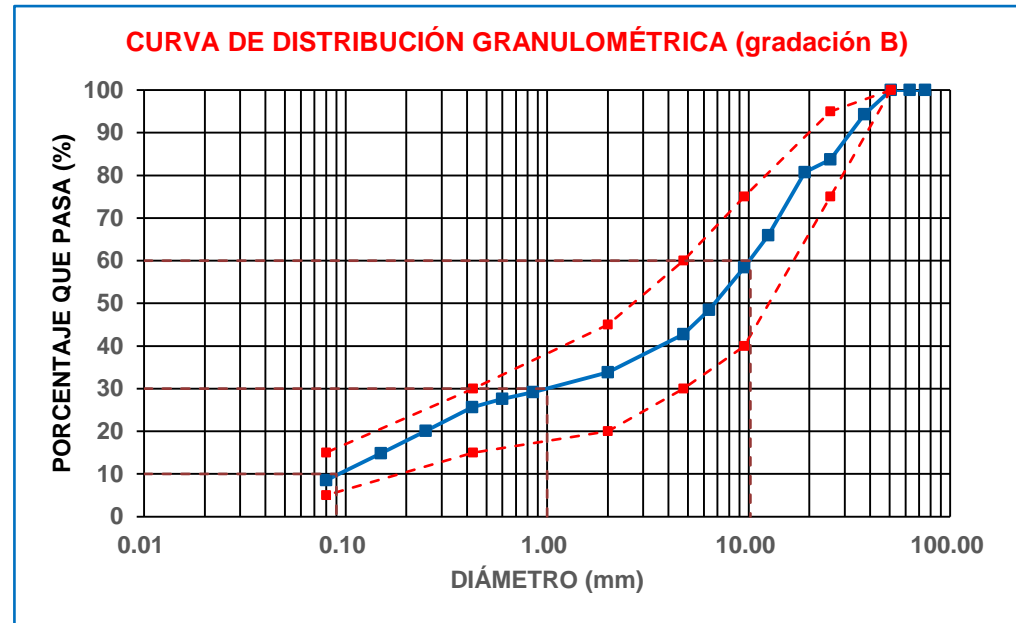
**Límite plástico: NP**

**Índice plástico: NP**

**ENSAYO:** Análisis granulométrico, muestra N° 01, material natural de Cantera El Guitarrero.

Peso seco total de la muestra = 4000 g.

ANÁLISIS DE LA FRACCIÓN GRUESA					
TAMIZ		PESO RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUM.	% QUE PASA
N°	ABERTURA (mm)				
3"	75.00	0	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.00	0	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0	0.00	0.00	100.00
1 ½"	37.50	228	5.70	5.70	94.30
1"	25.40	423	10.58	16.28	83.73
¾"	19.00	120	3.00	19.28	80.73
½"	12.50	592	14.80	34.08	65.93
⅜"	9.50	300	7.50	41.58	58.43
¼"	6.35	399	9.98	51.55	48.45
N°4	4.75	228	5.70	57.25	<b>42.75</b>
<b>TOTAL</b>	WG=	2290			
ANÁLISIS DE LA FRACCIÓN FINA					
FRACCIÓN DE LA MUESTRA CUARTEADA:				0.0853	
PESO SECO DE FRACCIÓN FINA (g):				501	
N 10	2.00	105	8.96	66.21	<b>33.79</b>
N 20	0.85	54	4.61	70.82	29.18
N 30	0.60	19	1.62	72.44	27.56
N 40	0.43	23	1.96	74.40	<b>25.60</b>
N 60	0.25	65	5.55	79.95	20.05
N 100	0.15	61	5.21	85.15	14.85
N 200	0.08	74	6.31	91.47	<b>8.53</b>
CAZOLETA	--	100	--	--	--
<b>TOTAL</b>		501			



COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Y COEFICIENTE DE CURVATURA		
D10= 0.09	D30= 1	D60= 10.2
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD (Cu)		COEFICIENTE DE CURVATURA (Cc)
113.33		1.09
CLASIFICACIÓN AASHTO:		A-1a(0)
CLASIFICACIÓN SUCS:		GW-GM

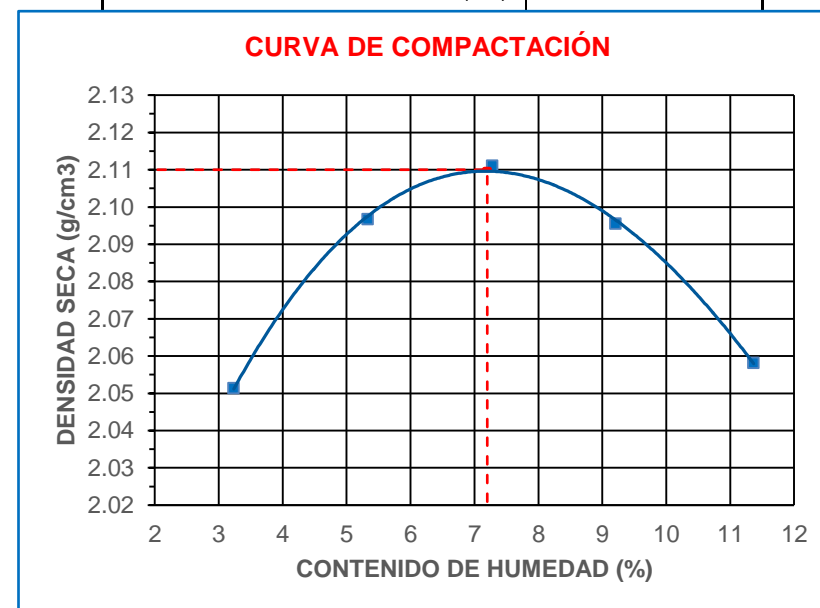


**ENSAYO:** Próctor Modificado, muestra N° 01, material natural de cantera El Guitarrero.

DENSIDAD	NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	5
	N° de capas	5	5	5	5	5
	N° de golpes por capa	56	56	56	56	56
	W Húmedo + W Molde (g)	11007	11209	11334	11387	11395
	W del molde (g)	6295	6295	6295	6295	6295
	W Húmedo (g)	4712	4914	5039	5092	5100
	volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2225	2225	2225	2225	2225
	<b>Densidad Húmeda (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.118</b>	<b>2.209</b>	<b>2.265</b>	<b>2.289</b>	<b>2.292</b>

METODO DE ENSAYO:	<b>C</b>
DIAMETRO DEL MOLDE:	6"
ENERGÍA DE COMPACTACIÓN:	30.75 Kg-cm/cm <sup>3</sup>
N° CAPAS	5
N° DE GOLPES	56
PESO DEL PISÓN (Kg)	4.418
ALTURA DE CAIDA DEL PISÓN (cm)	55.3

HUMEDAD	ENSAYO	1		2		3		4		5	
	W M. Húmeda + W Tara (g)	<b>811</b>	<b>1055</b>	<b>796</b>	<b>669</b>	<b>1713</b>	<b>1480</b>	<b>1630</b>	<b>773</b>	<b>970</b>	<b>767</b>
	W M. Seca + W Tara (g)	<b>789</b>	<b>1030</b>	<b>763</b>	<b>639</b>	<b>1650</b>	<b>1431</b>	<b>1560</b>	<b>719</b>	<b>900</b>	<b>702</b>
	W Tara (g)	<b>103</b>	<b>264</b>	<b>134</b>	<b>86</b>	<b>775</b>	<b>765</b>	<b>797</b>	<b>135</b>	<b>279</b>	<b>135</b>
	W Agua (g)	22	25	33	30	63	49	70	54	70	65
	W Muestra Seca (g)	686	766	629	553	875	666	763	584	621	567
	Contenido de Humedad (%)	3.21	3.26	5.25	5.42	7.20	7.36	9.17	9.25	11.27	11.46
	<b>C. de Humedad (%) Prom.</b>	<b>3.24</b>	<b>5.34</b>	<b>7.28</b>	<b>9.21</b>	<b>11.37</b>					
<b>DENSIDAD SECA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.051</b>	<b>2.097</b>	<b>2.111</b>	<b>2.096</b>	<b>2.058</b>						



Determinamos los valores de la densidad máxima seca y el contenido óptimo de humedad:

**Densidad seca máxima: 2.11 g/cm<sup>3</sup>**

**Contenido óptimo de humedad: 7.20 %**

**ENSAYO:** Ensayo California Bearing Ratio (CBR), muestra N° 01, material natural de cantera El Guitarrero.

<b>COMPACTACIÓN CBR</b>										
N° Golpes por capa		13			27			56		
N° Capas		5			5			5		
Altura de molde (mm)		126			126			126		
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>		<b>ANTES DE SATURAR</b>		<b>DESPUES SATURAR</b>	<b>ANTES DE SATURAR</b>		<b>DESPUES SATURAR</b>	<b>ANTES DE SATURAR</b>		<b>DESPUES SATURAR</b>
W Húmedo + W Molde (g)		12731		12772	11725		11768	13071		13126
W Molde (g)		7807		7807	6625		6625	7772		7772
Volumen del Molde (cm3)		2308		2308	2324		2324	2328		2328
W Húmedo (g)		4924		4965	5100		5143	5299		5354
Densidad Húmeda (g/cm3)		2.133		2.151	2.194		2.213	2.276		2.300
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>										
<b>TARA N°</b>		<b>12-A</b>	<b>12-B</b>	<b>12-C</b>	<b>25-A</b>	<b>25-B</b>	<b>25-C</b>	<b>56-A</b>	<b>56-B</b>	<b>56-C</b>
W Tara + Muestra Húmeda (g)		621	516	1179	639	695	676	819	813	1909
W Tara + Muestra Seca (g)		586	487	1098	605	658	632	773	776	1774
W tara (g)		103	86	103	134	134	86	127	265	135
W agua (g)		35	29	81	34	37	44	46	37	135
W Muestra Seca(g)		483	401	995	471	524	546	646	511	1639
<b>Contenido de Humedad (%)</b>		<b>7.25</b>	<b>7.23</b>	<b>8.14</b>	<b>7.22</b>	<b>7.06</b>	<b>8.06</b>	<b>7.12</b>	<b>7.24</b>	<b>8.24</b>
<b>C. Humedad Promedio (%)</b>		<b>7.24</b>		<b>8.14</b>	<b>7.14</b>		<b>8.06</b>	<b>7.18</b>		<b>8.24</b>
<b>DENSIDAD SECA (g/cm3)</b>		<b>1.989</b>		<b>1.989</b>	<b>2.048</b>		<b>2.048</b>	<b>2.124</b>		<b>2.125</b>
<b>ENSAYO DE EXPANSIÓN</b>										
<b>TIEMPO ACUMULADO</b>		<b>PRESIÓN 13 GOLPES</b>			<b>PRESIÓN 27 GOLPES</b>			<b>PRESIÓN 56 GOLPES</b>		
		<b>LECTURA</b>	<b>EXPANSIÓN</b>		<b>LECTURA</b>	<b>EXPANSIÓN</b>		<b>LECTURA</b>	<b>EXPANSIÓN</b>	
<b>HORAS</b>	<b>DÍAS</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	0.003	0.076	0.06	0.002	0.051	0.04	0.001	0.025	0.02
48	2	0.005	0.127	0.10	0.006	0.152	0.12	0.003	0.076	0.06
72	3	0.008	0.203	0.16	0.006	0.152	0.12	0.005	0.127	0.10
96	4	0.008	0.203	0.16	0.006	0.152	0.12	0.005	0.127	0.10

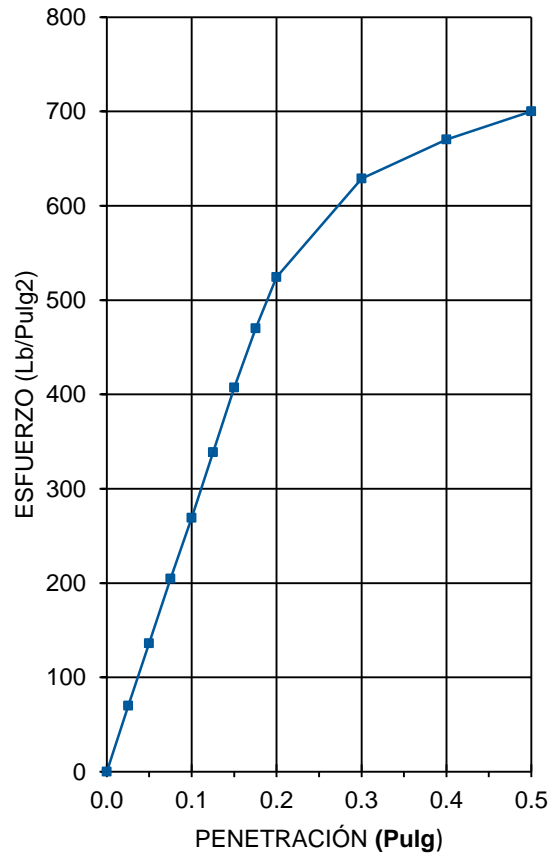
(Va...)

(Viene ...)

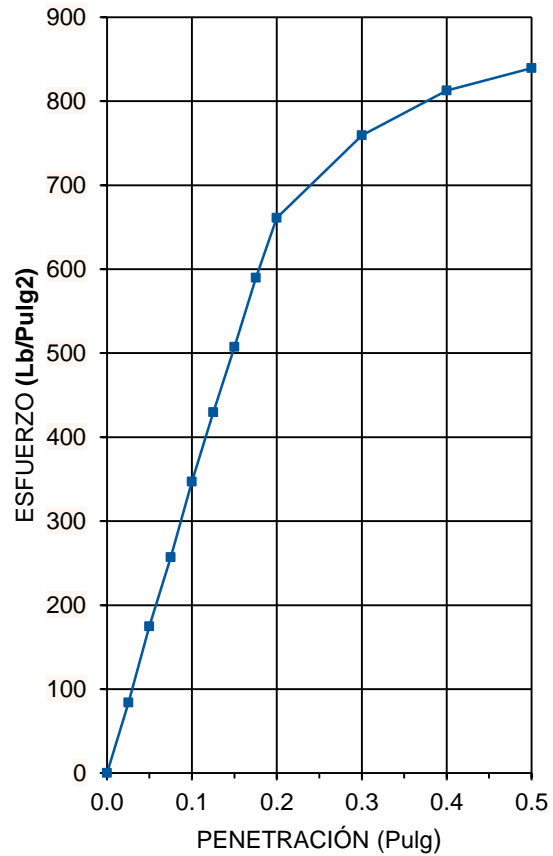
ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN				
PENETRACIÓN		PRESIÓN		AREA DEL PISTÓN
mm	Pulg.	Kg/cm2	Lb/pulg2	cm2
2.54	0.10	70.31	1000	<b>20.27</b>
5.08	0.20	105.46	1500	

PENETRACIÓN		PRESIÓN 13 GOLPES			PRESIÓN 27 GOLPES			PRESIÓN 56 GOLPES		
mm	pulg.	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
		Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2	Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2	Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2
0	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	99.80	4.92	70.03	119.40	5.89	83.79	144.00	7.10	101.05
1.27	0.050	193.90	9.57	136.06	248.70	12.27	174.52	313.40	15.46	219.92
1.91	0.075	291.90	14.40	204.83	366.50	18.08	257.18	483.10	23.84	339.00
<b>2.54</b>	<b>0.100</b>	<b>383.40</b>	<b>18.92</b>	<b>269.04</b>	<b>494.60</b>	<b>24.40</b>	<b>347.07</b>	<b>641.00</b>	<b>31.63</b>	<b>449.80</b>
3.18	0.125	482.60	23.81	338.65	612.20	30.20	429.59	805.80	39.76	565.45
3.81	0.150	580.50	28.64	407.35	723.10	35.68	507.42	968.30	47.77	679.48
4.45	0.175	670.10	33.06	470.22	840.10	41.45	589.52	1129.70	55.74	792.74
<b>5.08</b>	<b>0.200</b>	<b>747.10</b>	<b>36.86</b>	<b>524.26</b>	<b>941.70</b>	<b>46.46</b>	<b>660.81</b>	<b>1259.60</b>	<b>62.15</b>	<b>883.89</b>
7.62	0.300	896.00	44.21	628.74	1081.90	53.38	759.19	1478.50	72.95	1037.50
10.16	0.400	955.10	47.12	670.22	1158.10	57.14	812.67	1587.20	78.31	1113.77
12.7	0.500	997.70	49.22	700.11	1196.20	59.02	839.40	1634.90	80.66	1147.25

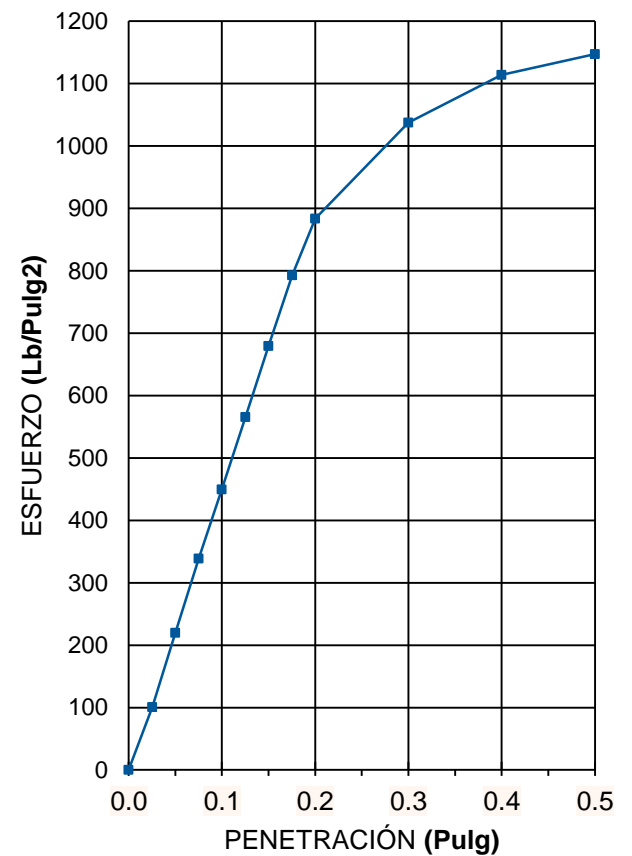
CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN (13 GOLPES)



CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN (27 GOLPES)

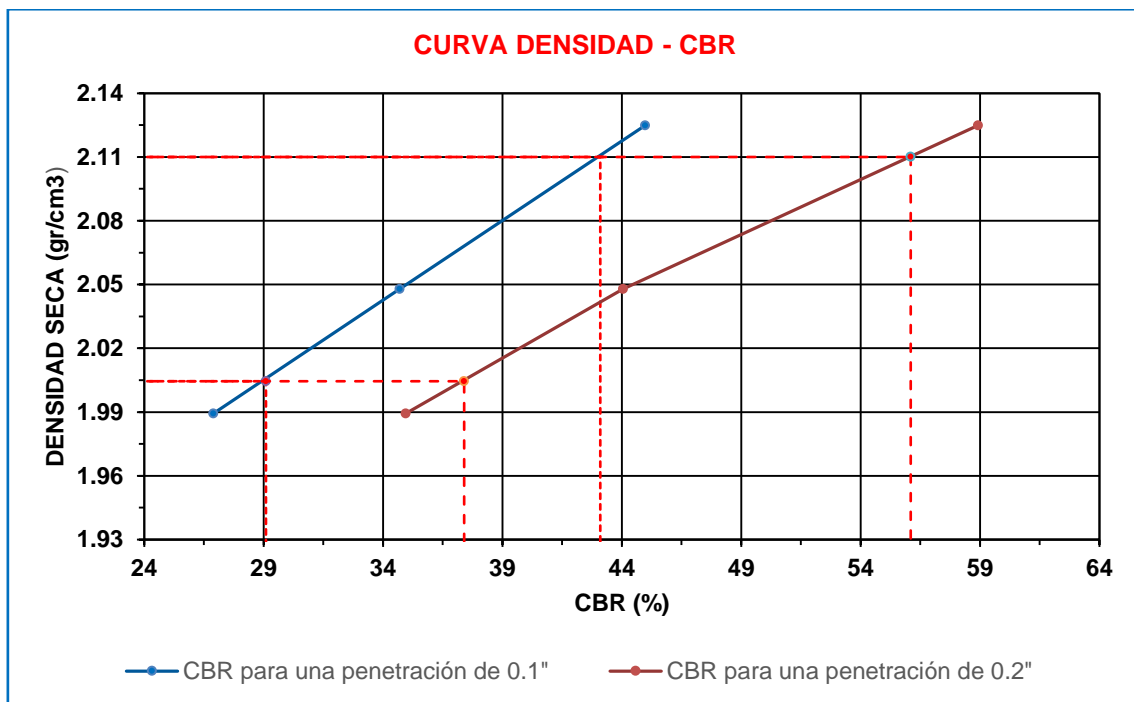


CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN (56 GOLPES)



Valores del CBR para penetraciones de 0.1" y 0.2", muestra N° 01, material natural cantera El Guitarrero.

N° DE GOLPES	VALORES DEL CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.1"			VALORES DEL CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.2"		
	ESFUERZO	CBR	DENSIDAD SECA	ESFUERZO	CBR	DENSIDAD SECA
	Lb/Pulg2	%	gr/cm3	Lb/Pulg2	%	gr/cm3
PRESIÓN 13 GOLPES	269.04	26.90	1.99	524.26	34.95	1.99
PRESIÓN 27 GOLPES	347.07	34.71	2.05	660.81	44.05	2.05
PRESIÓN 56 GOLPES	449.80	44.98	2.12	883.89	58.93	2.12



Del gráfico determinamos los valores del CBR al 100% y 95% de la densidad máxima seca para penetraciones de 0.1" y 0.2" respectivamente:

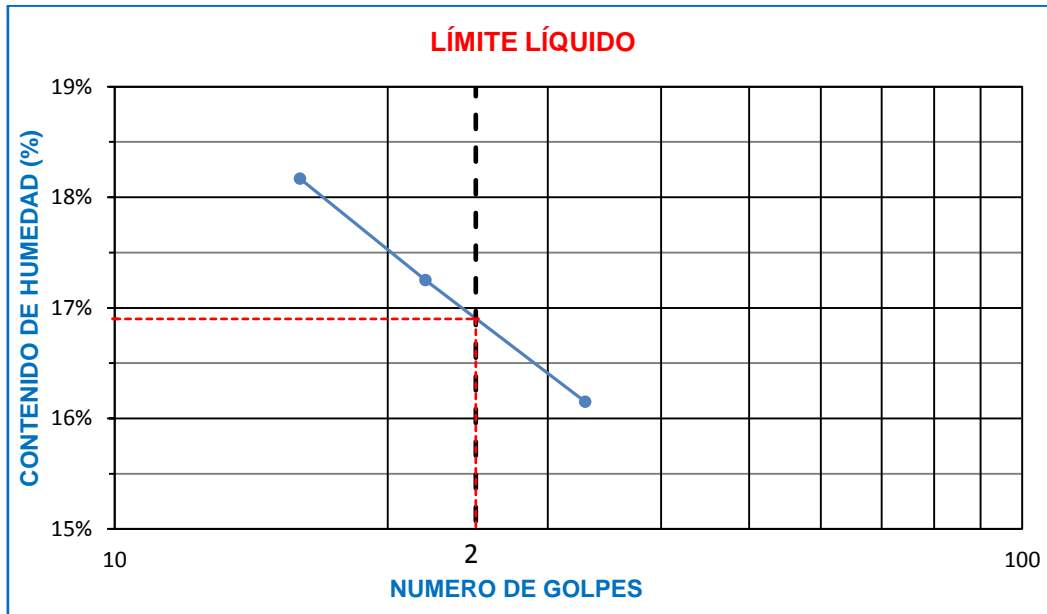
C.B.R. para una penetración de 0.1" al 100% de la densidad máxima seca	43.10%
C.B.R. para una penetración de 0.1" al 95% de la densidad máxima seca	29.10%
C.B.R. para una penetración de 0.2" al 100% de la densidad máxima seca	56.10%
C.B.R. para una penetración de 0.2" al 95% de la densidad máxima seca	37.40%

**MUESTRA N°02: MATERIAL NATURAL CANTERA EL GUITARRERO**

**ENSAYO:** Límites de atterberg, muestra N° 02, material natural de cantera El Guitarrero

LÍMITE LÍQUIDO			
TARA N°	1	2	3
Wt + M. Húmeda (g)	<b>38.76</b>	<b>40.77</b>	<b>38.84</b>
Wt + M. Seca (g)	<b>36.36</b>	<b>38.21</b>	<b>36.70</b>
W tara (g)	<b>23.15</b>	<b>23.37</b>	<b>23.45</b>
W agua (g)	2.40	2.56	2.14
W M. Seca(g)	13.21	14.84	13.25
W (%)	18.17%	17.25%	16.15%
N° GOLPES	<b>16</b>	<b>22</b>	<b>33</b>

LÍMITE PLÁSTICO			
TARA N°	1	2	PROM.
Wt + M. Húmeda (g)			
Wt + M. Seca (g)			
W tara (g)			
W agua (g)			
W M. Seca (g)			
W (%)			NP



Determinamos los valores de los límites de Atterberg.

**Límite líquido: 17%**

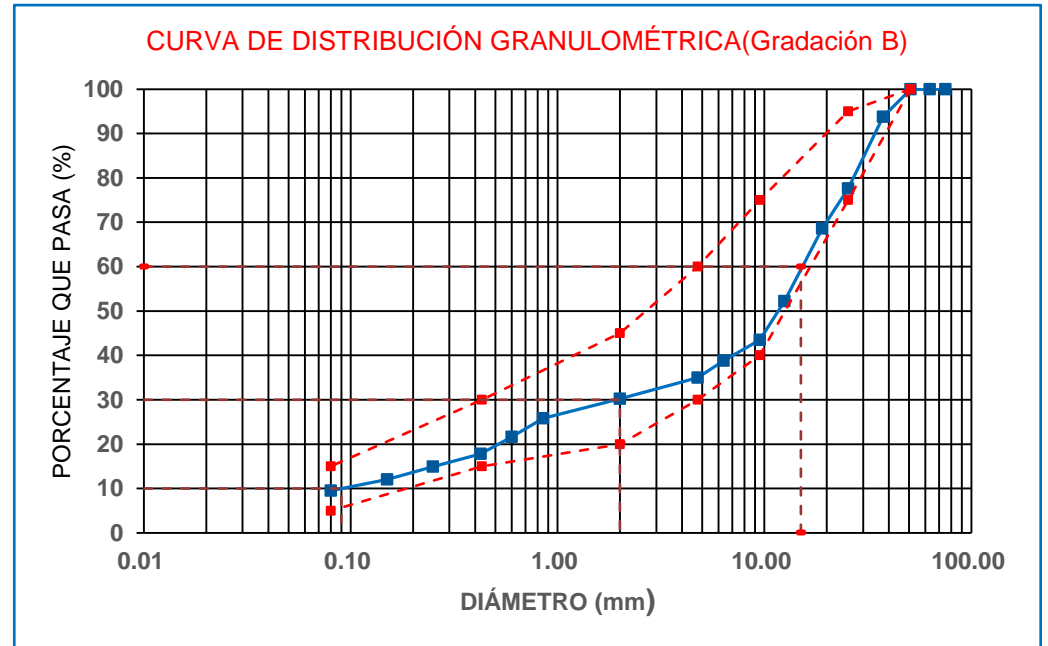
**Límite plástico: NP**

**Índice plástico: NP**

**ENSAYO:** análisis granulométrico, muestra N° 02, material natural de cantera El Guitarrero.

Peso seco total de la muestra = 10930 g.

ANÁLISIS DE LA FRACCIÓN GRUESA					
TAMIZ		PESO RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUM.	% QUE PASA
N°	ABERTURA (mm)				
3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	37.50	685	6.27	6.27	93.73
1"	25.40	1765	16.15	22.42	77.58
¾"	19.00	985	9.01	31.43	68.57
½"	12.50	1785	16.33	47.76	52.24
⅜"	9.50	955	8.74	56.50	43.50
¼"	6.35	511	4.68	61.17	38.83
N°4	4.75	422	3.86	65.03	<b>34.97</b>
<b>TOTAL</b>	WG=	7108			
ANÁLISIS DE LA FRACCIÓN FINA					
FRACCIÓN DE LA MUESTRA CUARTEADA:				0.0699	
PESO SECO DE FRACCIÓN FINA (g):				500	
N 10	2.00	68.00	4.76	69.79	<b>30.21</b>
N 20	0.85	63.00	4.41	74.19	25.81
N 30	0.60	60.00	4.20	78.39	21.61
N 40	0.43	54.00	3.78	82.17	<b>17.83</b>
N 60	0.25	42.00	2.94	85.10	14.90
N 100	0.15	41.00	2.87	87.97	12.03
N 200	0.08	36.00	2.52	90.49	<b>9.51</b>
CAZOLETA	--	136.00	--	--	--



COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Y COEFICIENTE DE CURVATURA		
D10= 0.09	D30= 2	D60= 15
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD (Cu)		COEFICIENTE DE CURVATURA (Cc)
166.67		2.96
CLASIFICACION AASHTO:		A-1a(0)
CLASIFICACION SUCS:		GW-GM



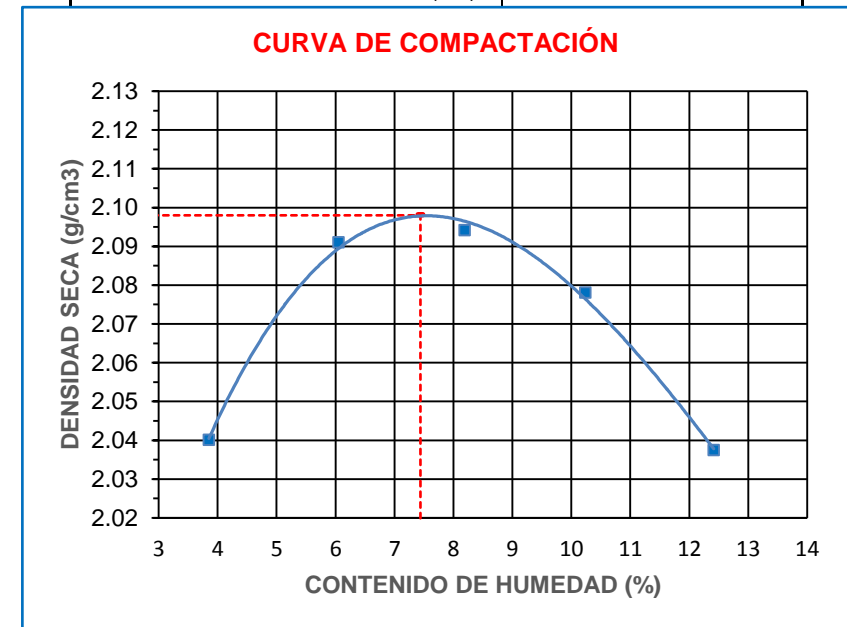
TOTAL		500.00			
-------	--	--------	--	--	--

**ENSAYO:** Pactor Modificado, muestra N°02, material natural de cantera El Guitarrero.

DENSIDAD	NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	5
	N° de capas	5	5	5	5	5
	N° de golpes por capa	56	56	56	56	56
	W Húmedo + W Molde (g)	11009	11229	11336	11392	11391
	W del molde (g)	6295	6295	6295	6295	6295
	W Húmedo (g)	4714	4934	5041	5097	5096
	volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2225	2225	2225	2225	2225
	<b>Densidad Húmeda (g/cm<sup>3</sup>)</b>	2.119	2.218	2.266	2.291	2.290

METODO DE ENSAYO:	<b>C</b>
DIAMETRO DEL MOLDE:	6"
ENERGÍA DE COMPACTACIÓN:	30.75 Kg-cm/cm <sup>3</sup>
N° CAPAS	5
N° DE GOLPES	56
PESO DEL PISÓN (Kg)	4.418
ALTURADE CAIDA DEL PISÓN (cm)	55.3

HUMEDAD	ENSAYO	1		2		3		4		5	
	W M. Húmeda + W Tara (g)	1169	1018	618	767	907	1231	762	875	814	502
	W M. Seca + W Tara (g)	1154	1009	589	730	858	1197	704	806	755	456
	W Tara (g)	765	775	103	127	264	779	135	135	279	86
	W Agua (g)	15	9	29	37	49	34	58	69	59	46
	W Muestra Seca (g)	389	234	486	603	594	418	569	671	476	370
	Contenido de Humedad (%)	3.86	3.85	5.97	6.14	8.25	8.13	10.19	10.28	12.39	12.43
	<b>C. de Humedad (%) Prom.</b>	<b>3.85</b>	<b>6.05</b>	<b>8.19</b>	<b>10.24</b>	<b>12.41</b>					
<b>DENSIDAD SECA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.040</b>	<b>2.091</b>	<b>2.094</b>	<b>2.078</b>	<b>2.037</b>						



Determinamos los valores de la densidad máxima seca y el óptimo contenido de humedad:

**Densidad seca máxima: 2.098 g/cm<sup>3</sup>**

**Contenido óptimo de humedad: 7.44 %**

**ENSAYO:** Ensayo California Bearing Ratio (CBR), muestra N° 02, material natural de cantera El Guitarrero.

<b>COMPACTACIÓN CBR</b>											
N° Golpes por capa		13			27			56			
N° Capas		5			5			5			
Altura de molde (mm)		126			126			126			
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>		<b>ANTES DE SATURAR</b>		<b>DESPUES SATURAR</b>		<b>ANTES DE SATURAR</b>		<b>DESPUES SATURAR</b>		<b>ANTES DE SATURAR</b>	
W Húmedo + W Molde (g)		12712		12754		11736		11783		13054	
W Molde (g)		7807		7807		6625		6625		7772	
Volumen del Molde (cm3)		2308		2308		2324		2324		2328	
W Húmedo (g)		4905		4947		5111		5158		5282	
Densidad Húmeda (g/cm3)		2.125		2.143		2.199		2.219		2.269	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>											
<b>TARA N°</b>		<b>12-A</b>		<b>12-B</b>		<b>12-C</b>		<b>25-A</b>		<b>25-B</b>	
W Tara + Muestra Húmeda (g)		723		626		468		746		963	
W Tara + Muestra Seca (gr)		682		593		438		703		915	
W tara (g)		134		153		87		127		265	
W agua (g)		41		33		30		43		48	
W Muestra Seca(g)		548		440		351		576		650	
<b>Contenido de Humedad (%)</b>		<b>7.48</b>		<b>7.50</b>		<b>8.55</b>		<b>7.47</b>		<b>7.38</b>	
<b>C. Humedad Promedio (%)</b>		<b>7.49</b>		<b>8.55</b>		<b>7.42</b>		<b>8.35</b>		<b>7.45</b>	
<b>DENSIDAD SECA (g/cm3)</b>		<b>1.977</b>		<b>1.975</b>		<b>2.047</b>		<b>2.048</b>		<b>2.112</b>	
<b>ENSAYO DE EXPANSIÓN</b>											
<b>TIEMPO ACUMULADO</b>		<b>PRESIÓN 13 GOLPES</b>				<b>PRESIÓN 27 GOLPES</b>			<b>PRESIÓN 56 GOLPES</b>		
		<b>LECTURA</b>	<b>EXPANSIÓN</b>			<b>LECTURA</b>	<b>EXPANSIÓN</b>		<b>LECTURA</b>	<b>EXPANSIÓN</b>	
<b>HORAS</b>	<b>DIAS</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>	
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	
21	1	0.004	0.102	0.08	0.002	0.051	0.04	0.003	0.076	0.06	
48	2	0.007	0.178	0.14	0.005	0.127	0.10	0.006	0.152	0.12	
72	3	0.008	0.203	0.16	0.005	0.127	0.10	0.006	0.152	0.12	

96	4	0.008	0.203	0.16	0.005	0.127	0.10	0.006	0.152	0.12
----	---	-------	-------	------	-------	-------	------	-------	-------	------

(Va...)

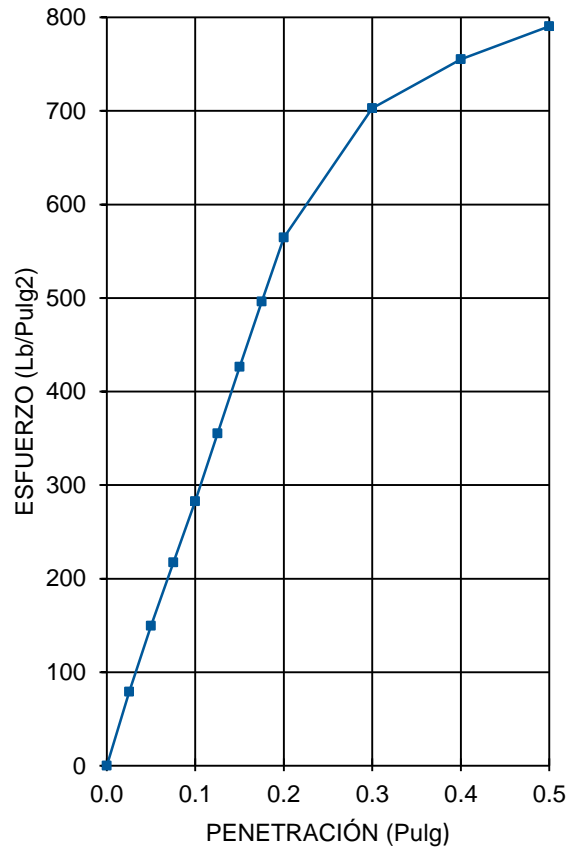
(...Viene)

**ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN**

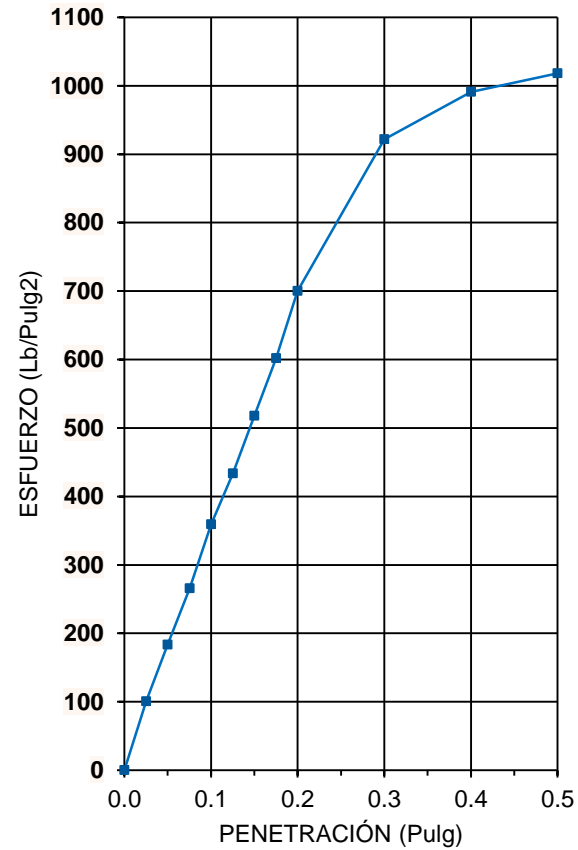
PENETRACIÓN		PRESIÓN		AREA DEL PISTÓN
mm	Pulg.	Kg/cm2	Lb/pulg2	cm2
2.54	0.10	70.31	1000	<b>20.27</b>
5.08	0.20	105.46	1500	

PENETRACIÓN		PRESIÓN 13 GOLPES			PRESIÓN 27 GOLPES			PRESIÓN 56 GOLPES		
mm	pulg.	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
		Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2	Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2	Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2
0	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	112.90	5.57	79.22	143.40	7.08	100.63	161.70	7.98	113.47
1.27	0.050	213.30	10.52	149.68	261.20	12.89	183.29	309.60	15.28	217.25
1.91	0.075	309.50	15.27	217.18	378.40	18.67	265.53	462.10	22.80	324.27
<b>2.54</b>	<b>0.100</b>	<b>402.90</b>	<b>19.88</b>	<b>282.72</b>	<b>511.90</b>	<b>25.26</b>	<b>359.21</b>	<b>614.00</b>	<b>30.29</b>	<b>430.86</b>
3.18	0.125	506.00	24.97	355.07	617.60	30.47	433.38	765.80	37.78	537.38
3.81	0.150	607.80	29.99	426.51	737.70	36.40	517.66	896.30	44.22	628.95
4.45	0.175	707.30	34.90	496.33	867.60	42.81	608.81	1048.60	51.74	735.83
<b>5.08</b>	<b>0.200</b>	<b>804.40</b>	<b>39.69</b>	<b>564.47</b>	<b>997.50</b>	<b>49.21</b>	<b>699.97</b>	<b>1192.50</b>	<b>58.84</b>	<b>836.80</b>
7.62	0.300	1001.70	49.42	702.92	1314.00	64.83	922.06	1654.70	81.64	1161.14
10.16	0.400	1076.30	53.10	755.26	1412.40	69.69	991.11	1805.20	89.07	1266.75
12.7	0.500	1126.40	55.57	790.42	1451.30	71.60	1018.41	1866.50	92.09	1309.77

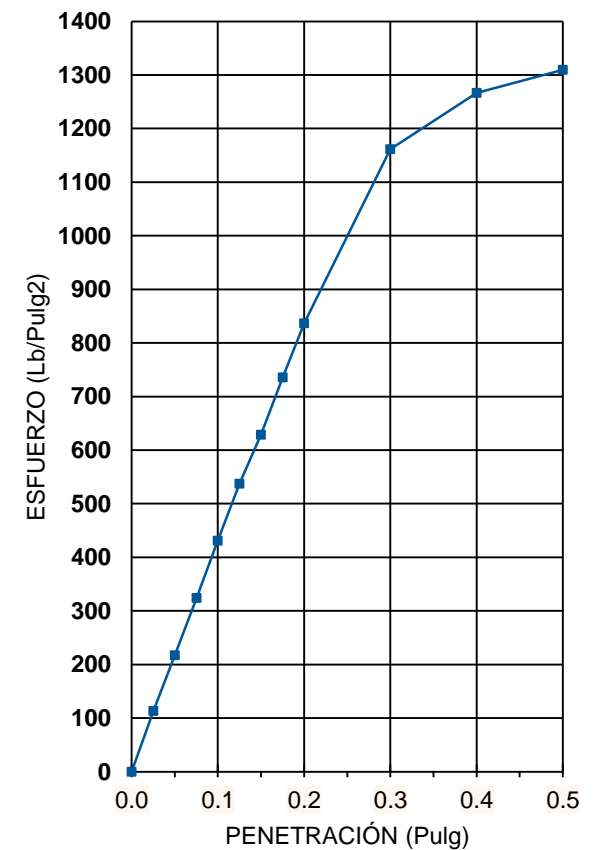
CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN  
(13 GOLPES)



CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN  
(27 GOLPES)

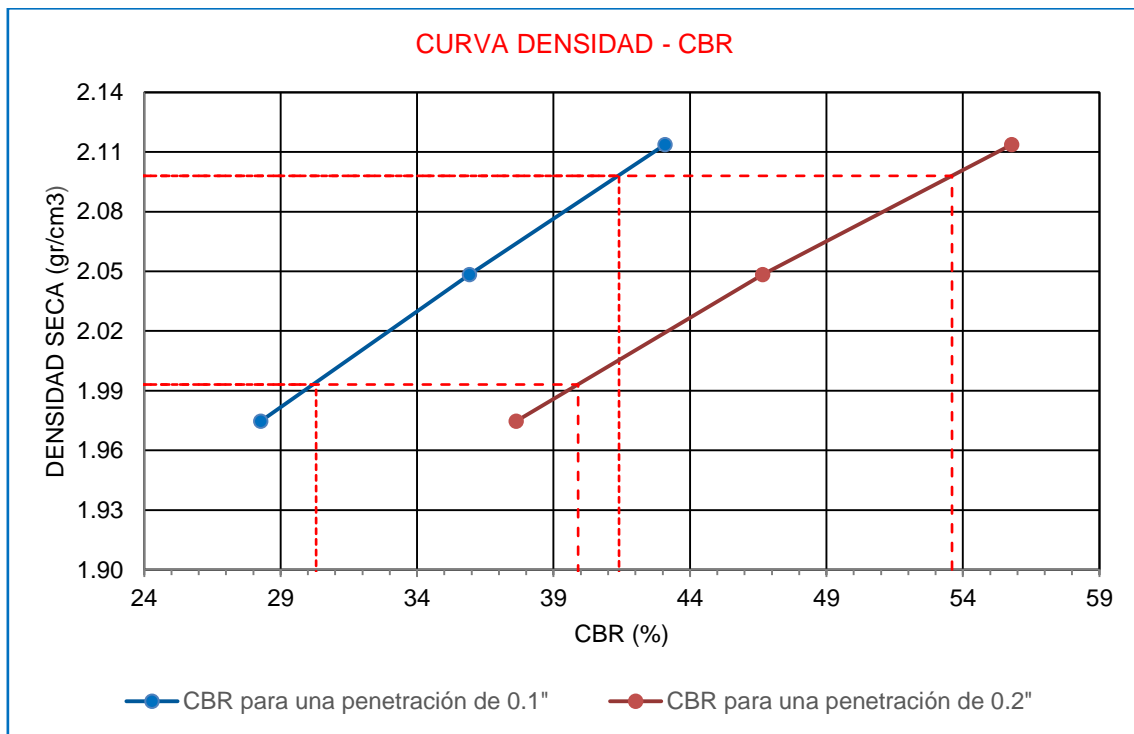


CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN  
(56 GOLPES)



Valores del CBR para penetraciones de 0.1" y 0.2", muestra N° 02, material natural de cantera El Guitarrero.

N° DE GOLPES	VALORES DEL CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.1"			VALORES DEL CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.2"		
	ESFUERZO	CBR	DENSIDAD SECA	ESFUERZO	CBR	DENSIDAD SECA
	Lb/Pulg2	%	gr/cm3	Lb/Pulg2	%	gr/cm3
PRESIÓN 13 GOLPES	282.72	28.27	1.97	564.47	37.63	1.97
PRESIÓN 27 GOLPES	359.21	35.92	2.05	699.97	46.66	2.05
PRESIÓN 56 GOLPES	430.86	43.09	2.11	836.80	55.79	2.11



Del gráfico determinamos los valores del CBR al 100% y 95% de la densidad máxima seca para penetraciones de 0.1" y 0.2" respectivamente:

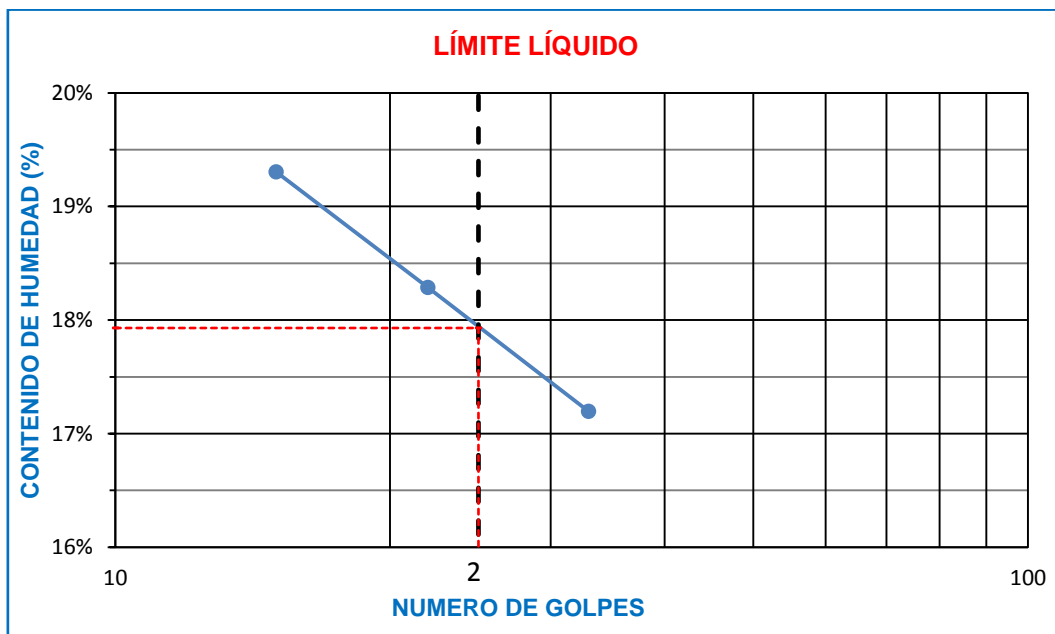
C.B.R. para una penetración de 0.1" al 100% de la densidad máxima seca	41.40%
C.B.R. para una penetración de 0.1" al 95% de la densidad máxima seca	30.30%
C.B.R. para una penetración de 0.2" al 100% de la densidad máxima seca	53.60%
C.B.R. para una penetración de 0.2" al 95% de la densidad máxima seca	39.90%

### MUESTRA N°03: MATERIAL NATURAL CANTERA EL GUITARRERO

**ENSAYO:** Límites de Atterberg, muestra N° 03, material natural de cantera El Guitarrero

LÍMITE LÍQUIDO			
TARA N°	1	2	3
Wt + M. Húmeda (g)	38.82	40.85	38.96
Wt + M. Seca (g)	36.32	38.16	36.64
W tara (g)	23.37	23.45	23.15
W agua (g)	2.50	2.69	2.32
W M. Seca(g)	12.95	14.71	13.49
W (%)	19.31%	18.29%	17.20%
N° GOLPES	15	22	33

LÍMITE PLÁSTICO			
TARA N°	1	2	PROM.
Wt + M. Húmeda (g)			
Wt + M. Seca (g)			
W tara (g)			
W agua (g)			
W M. Seca (g)			
W (%)			NP



Determinamos los valores de los límites de Atterberg:

**Límite líquido: 18%**

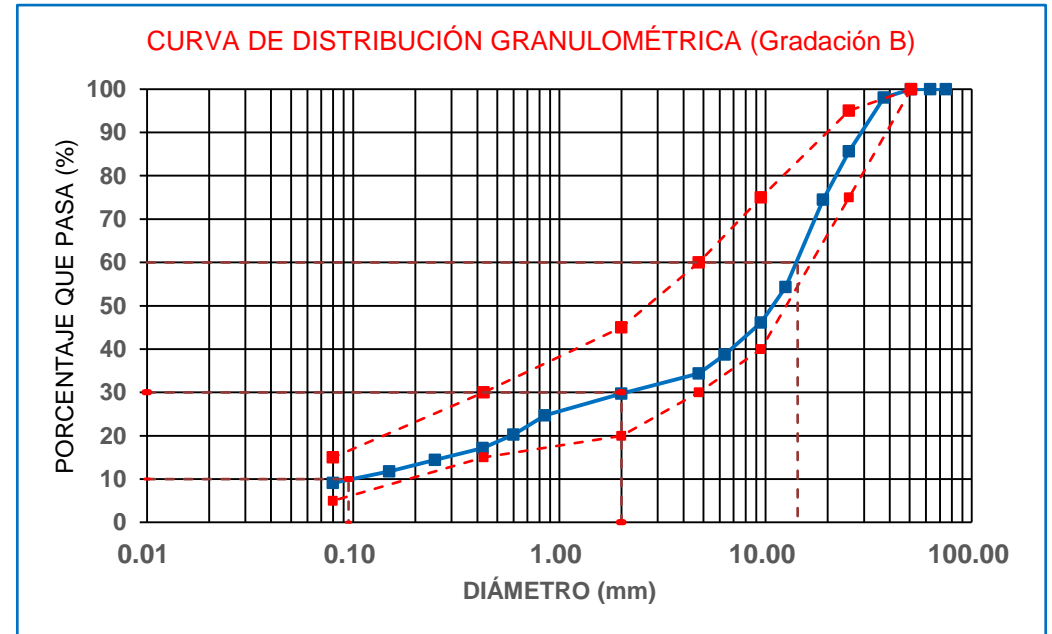
**Límite plástico: NP**

**Índice plástico: NP**

**ENSAYO:** Análisis granulométrico, muestra N° 03, material natural de cantera El Guitarrero.

Peso seco total de la muestra = 10012g.

ANÁLISIS DE LA FRACCIÓN GRUESA					
TAMIZ		PESO RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUM.	% QUE PASA
N°	ABERTURA (mm)				
3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	37.50	191.00	1.91	1.91	98.09
1"	25.40	1242.00	12.41	14.31	85.69
¾"	19.00	1123	11.22	25.53	74.47
½"	12.50	2016	20.14	45.67	54.33
⅜"	9.50	825	8.24	53.91	46.09
¼"	6.35	736	7.35	61.26	38.74
N°4	4.75	434	4.33	65.59	<b>34.41</b>
<b>TOTAL</b>	WG=	6567			
ANÁLISIS DE LA FRACCIÓN FINA					
FRACCIÓN DE LA MUESTRA CUARTEADA:				0.0688	
PESO SECO DE FRACCIÓN FINA (g):				500	
N 10	2.00	68.00	4.68	70.27	<b>29.73</b>
N 20	0.85	73.00	5.02	75.29	24.71
N 30	0.60	64.00	4.40	79.70	20.30
N 40	0.43	45.00	3.10	82.80	<b>17.20</b>
N 60	0.25	40.00	2.75	85.55	14.45
N 100	0.15	39.00	2.68	88.23	11.77
N 200	0.08	38.00	2.62	90.85	<b>9.15</b>
CAZOLETA	--	133.00	--	--	--



COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Y COEFICIENTE DE CURVATURA		
D10= 0.095	D30= 2	D60= 14.3
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD (Cu)		COEFICIENTE DE CURVATURA (Cc)
150.53		2.94
CLASIFICACION AASHTO:		A-1a(0)
CLASIFICACION SUCS:		GW-GM

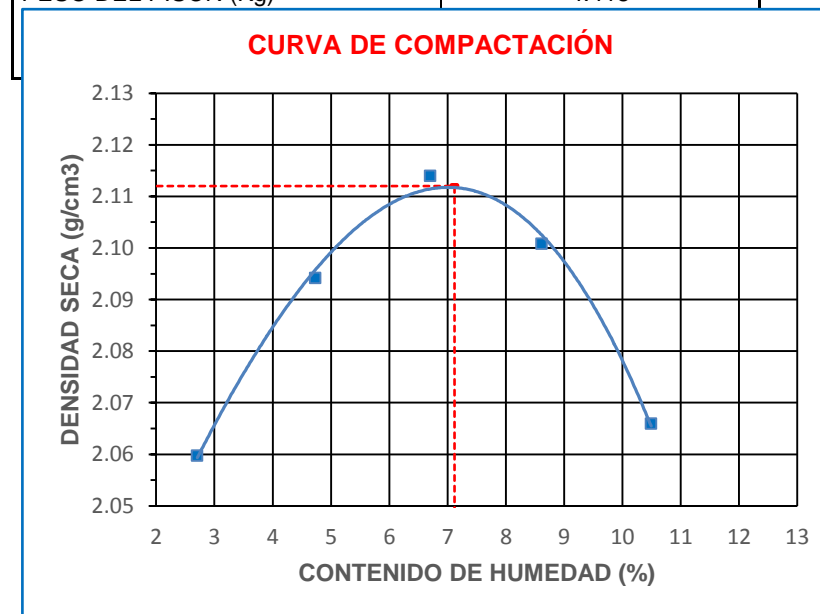
TOTAL		500.00			
-------	--	--------	--	--	--

**ENSAYO:** Pactor Modificado, muestra N°03, material natural - Cantera El Guitarrero.

DENSIDAD	NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	5
	N° de capas	5	5	5	5	5
	N° de golpes por capa	56	56	56	56	56
	W Húmedo + W Molde (g)	11002	11175	11314	11372	11374
	W del molde (g)	6295	6295	6295	6295	6295
	W Húmedo (g)	4707	4880	5019	5077	5079
	volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2225	2225	2225	2225	2225
	<b>Densidad Húmeda (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.116</b>	<b>2.193</b>	<b>2.256</b>	<b>2.282</b>	<b>2.283</b>

METODO DE ENSAYO:	<b>C</b>
DIAMETRO DEL MOLDE:	6"
ENERGÍA DE COMPACTACIÓN:	30.75 Kg-cm/cm <sup>3</sup>
N° CAPAS	5
N° DE GOLPES	56
PESO DEL PISÓN (Kg)	4.418

HUMEDAD	ENSAYO	1		2		3		4		5	
	W M. Húmeda + W Tara (g)	<b>497</b>	<b>842</b>	<b>561</b>	<b>487</b>	<b>1262</b>	<b>570</b>	<b>918</b>	<b>732</b>	<b>946</b>	<b>1341</b>
	W M. Seca + W Tara (g)	<b>486</b>	<b>827</b>	<b>541</b>	<b>470</b>	<b>1231</b>	<b>543</b>	<b>868</b>	<b>684</b>	<b>883</b>	<b>1286</b>
	W Tara (g)	<b>86</b>	<b>264</b>	<b>127</b>	<b>103</b>	<b>775</b>	<b>135</b>	<b>279</b>	<b>135</b>	<b>279</b>	<b>765</b>
	W Agua (g)	11	15	20	17	31	27	50	48	63	55
	W Muestra Seca (g)	400	563	414	367	456	408	589	549	604	521
	Contenido de Humedad (%)	2.75	2.66	4.83	4.63	6.80	6.62	8.49	8.74	10.43	10.56
	<b>C. de Humedad (%) Prom.</b>	<b>2.71</b>	<b>4.73</b>	<b>6.71</b>	<b>8.62</b>	<b>10.49</b>					
<b>DENSIDAD SECA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.060</b>	<b>2.094</b>	<b>2.114</b>	<b>2.101</b>	<b>2.066</b>						



Determinamos la densidad máxima seca y el óptimo contenido de humedad:

**Densidad seca máxima: 2.112 g/cm<sup>3</sup>**



**Contenido óptimo de humedad: 7.12 %**

**ENSAYO:** Ensayo California Bearing Ratio (CBR), muestra N° 03, material natural de cantera El Guitarrero.

<b>COMPACTACIÓN CBR</b>										
N° Golpes por capa	13			27			56			
N° Capas	5			5			5			
Altura de molde (mm)	126			126			126			
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>	<b>ANTES DE SATURAR</b>		<b>DESPUES SATURAR</b>	<b>ANTES DE SATURAR</b>		<b>DESPUES SATURAR</b>	<b>ANTES DE SATURAR</b>		<b>DESPUES SATURAR</b>	
W Húmedo + W Molde (g)	<b>12728</b>		<b>12774</b>	<b>11688</b>		<b>11733</b>	<b>13071</b>		<b>13119</b>	
W Molde (g)	<b>7807</b>		<b>7807</b>	<b>6625</b>		<b>6625</b>	<b>7772</b>		<b>7772</b>	
Volumen del Molde (cm3)	<b>2308</b>		<b>2308</b>	<b>2324</b>		<b>2324</b>	<b>2328</b>		<b>2328</b>	
W Húmedo (g)	4921		4967	5063		5108	5299		5347	
Densidad Húmeda (g/cm3)	2.132		2.152	2.179		2.198	2.276		2.297	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>										
<b>TARA N°</b>	<b>12-A</b>	<b>12-B</b>	<b>12-C</b>	<b>25-A</b>	<b>25-B</b>	<b>25-C</b>	<b>56-A</b>	<b>56-B</b>	<b>56-C</b>	
W Tara + Muestra Húmeda (g)	<b>592</b>	<b>628</b>	<b>512</b>	<b>866</b>	<b>1301</b>	<b>1283</b>	<b>654</b>	<b>722</b>	<b>648</b>	
W Tara + Muestra Seca (g)	<b>559</b>	<b>593</b>	<b>480</b>	<b>819</b>	<b>1267</b>	<b>1246</b>	<b>620</b>	<b>683</b>	<b>609</b>	
W tara (g)	<b>97</b>	<b>103</b>	<b>86</b>	<b>153</b>	<b>782</b>	<b>784</b>	<b>134</b>	<b>134</b>	<b>127</b>	
W agua (g)	33	35	32	47	34	37	34	39	39	
W Muestra Seca(g)	462	490	394	666	485	462	486	549	482	
<b>Contenido de Humedad (%)</b>	<b>7.14</b>	<b>7.14</b>	<b>8.12</b>	<b>7.06</b>	<b>7.01</b>	<b>8.01</b>	<b>7.00</b>	<b>7.10</b>	<b>8.09</b>	
<b>C. Humedad Promedio (%)</b>	<b>7.14</b>		<b>8.12</b>	<b>7.03</b>		<b>8.01</b>	<b>7.05</b>		<b>8.09</b>	
<b>Densidad seca (g/cm3)</b>	<b>1.990</b>		<b>1.990</b>	<b>2.035</b>		<b>2.035</b>	<b>2.126</b>		<b>2.125</b>	
<b>ENSAYO DE EXPANSIÓN</b>										
<b>TIEMPO ACUMULADO</b>		<b>PRESIÓN 13 GOLPES</b>			<b>PRESIÓN 27 GOLPES</b>			<b>PRESIÓN 56 GOLPES</b>		
		<b>LECTURA</b>	<b>EXPANSIÓN</b>		<b>LECTURA</b>	<b>EXPANSIÓN</b>		<b>LECTURA</b>	<b>EXPANSIÓN</b>	
<b>HORAS</b>	<b>DIAS</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
21	1	0.004	0.102	0.08	0.004	0.102	0.08	0.003	0.076	0.06
48	2	0.007	0.178	0.14	0.004	0.102	0.08	0.005	0.127	0.10
72	3	0.007	0.178	0.14	0.004	0.102	0.08	0.005	0.127	0.10
96	4	0.007	0.178	0.14	0.004	0.102	0.08	0.005	0.127	0.10

(Va...)

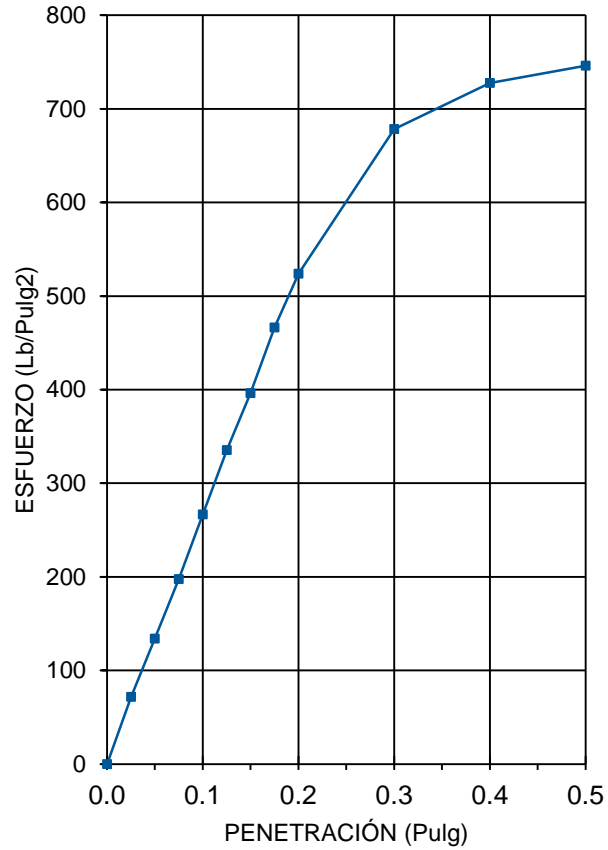
(...Viene)

**ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN**

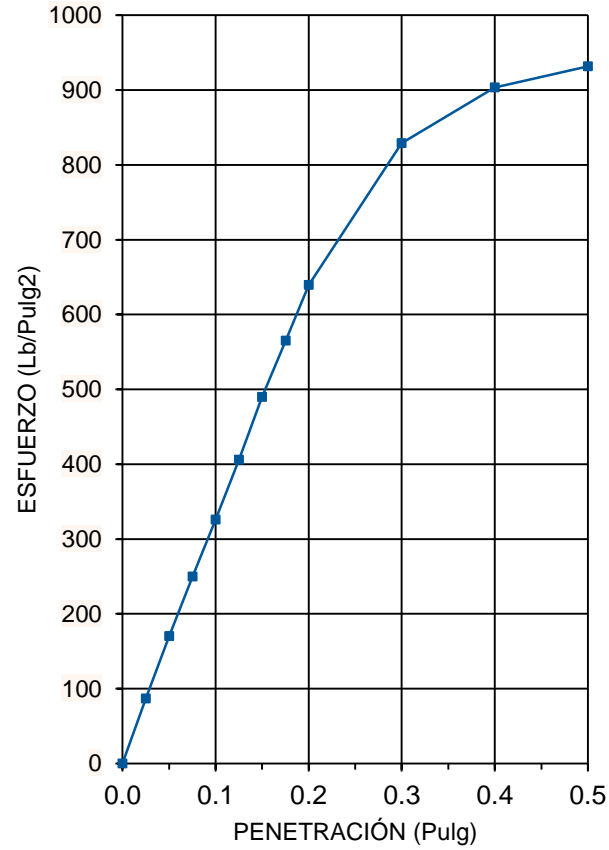
PENETRACIÓN		PRESIÓN		AREA DEL PISTÓN
mm	Pulg.	Kg/cm2	Lb/pulg2	cm2
2.54	0.10	70.31	1000	<b>20.27</b>
5.08	0.20	105.46	1500	

PENETRACIÓN		PRESIÓN 13 GOLPES			PRESIÓN 27 GOLPES			PRESIÓN 56 GOLPES		
mm	pulg.	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
		Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2	Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2	Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2
0	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	102.30	5.05	71.79	123.90	6.11	86.94	168.20	8.30	118.03
1.27	0.050	190.80	9.41	133.89	242.70	11.97	170.31	332.00	16.38	232.97
1.91	0.075	281.60	13.89	197.61	355.90	17.56	249.74	484.20	23.89	339.77
<b>2.54</b>	<b>0.100</b>	379.80	<b>18.74</b>	<b>266.51</b>	464.40	<b>22.91</b>	<b>325.88</b>	636.90	<b>31.42</b>	<b>446.93</b>
3.18	0.125	477.80	23.57	335.28	578.60	28.55	406.02	804.30	39.68	564.40
3.81	0.150	564.70	27.86	396.26	698.20	34.45	489.94	950.80	46.91	667.20
4.45	0.175	664.40	32.78	466.22	805.60	39.75	565.31	1091.60	53.86	766.00
<b>5.08</b>	<b>0.200</b>	746.30	<b>36.82</b>	<b>523.70</b>	911.20	<b>44.96</b>	<b>639.41</b>	1227.70	<b>60.57</b>	<b>861.51</b>
7.62	0.300	966.80	47.70	678.43	1181.50	58.29	829.09	1595.70	78.73	1119.74
10.16	0.400	1037.20	51.17	727.83	1287.80	63.54	903.68	1743.70	86.03	1223.59
12.7	0.500	1063.40	52.47	746.21	1327.90	65.52	931.82	1792.90	88.46	1258.12

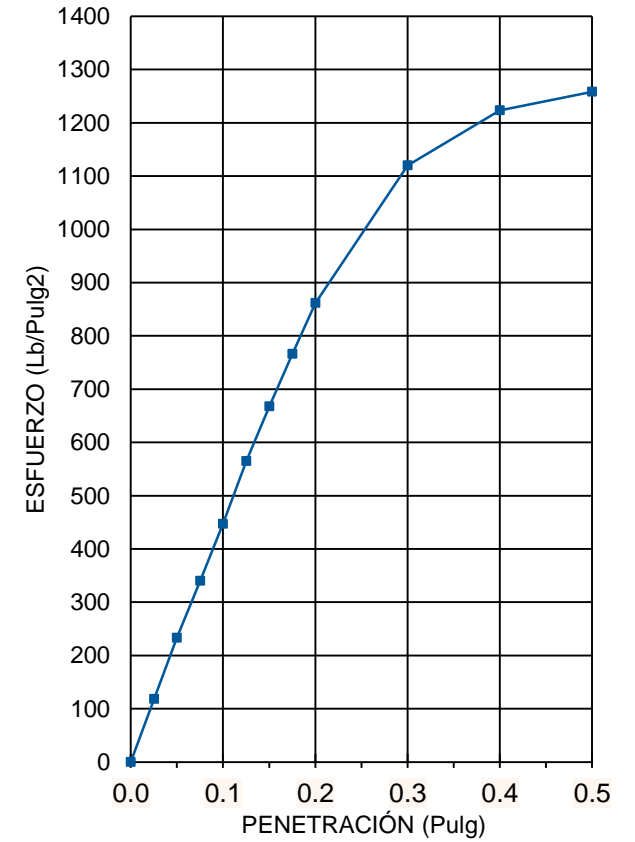
CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN (13 GOLPES)



CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN (27 GOLPES)

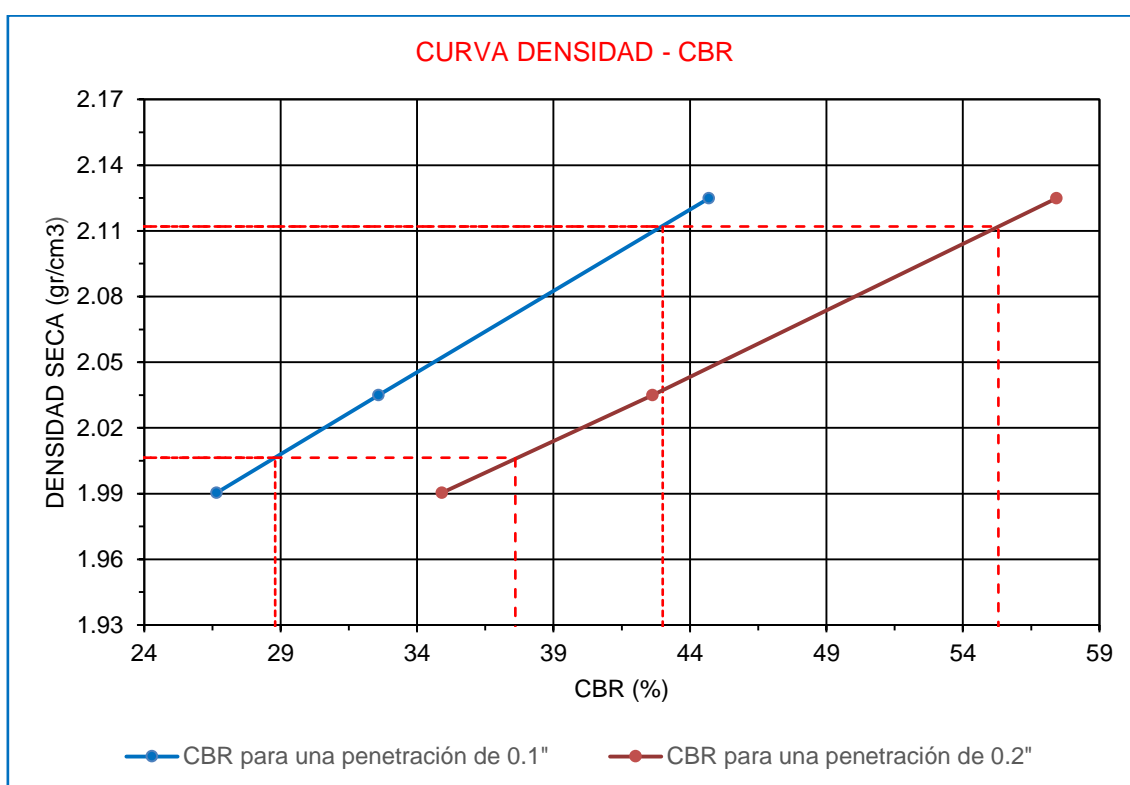


CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN (56 GOLPES)



Valores del CBR para penetraciones de 0.1" y 0.2, muestra N° 03, material natural - cantera El Guitarrero.

N° DE GOLPES	VALORES DEL CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.1"			VALORES DEL CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.2"		
	ESFUERZO	CBR	DENSIDAD SECA	ESFUERZO	CBR	DENSIDAD SECA
	Lb/Pulg2	%	g/cm3	Lb/Pulg2	%	g/cm3
PRESIÓN 13 GOLPES	266.51	26.65	1.99	523.70	34.91	1.99
PRESIÓN 27 GOLPES	325.88	32.59	2.03	639.41	42.63	2.03
PRESIÓN 56 GOLPES	446.93	44.69	2.12	861.51	57.43	2.12



Del gráfico determinamos los valores del CBR al 100% y 95% de la densidad máxima seca para penetraciones de 0.1" y 0.2" respectivamente:

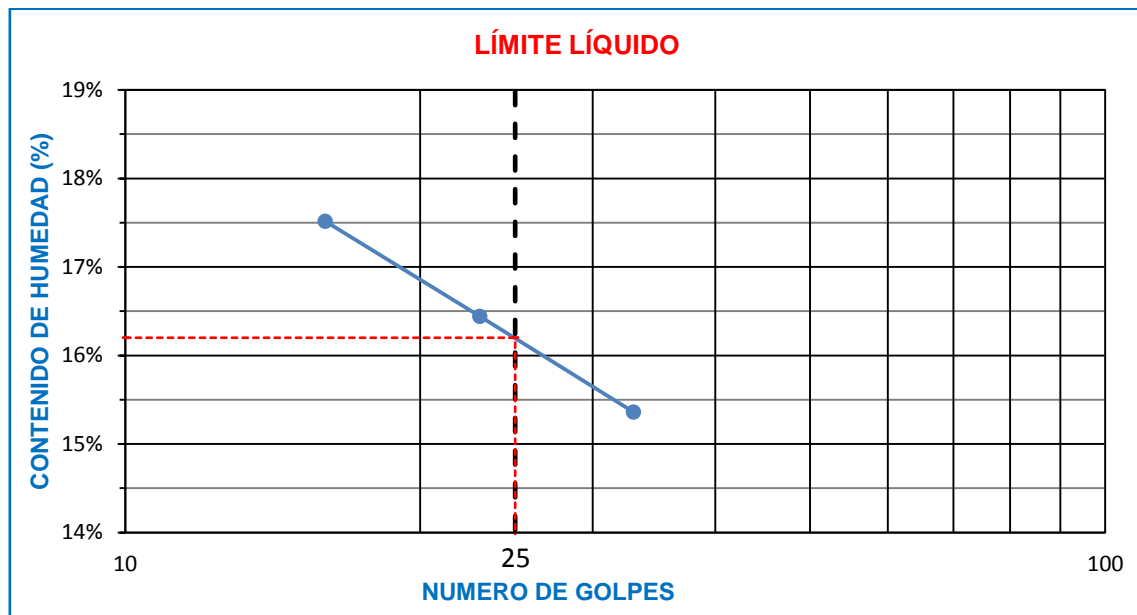
C.B.R. para una penetración de 0.1" al 100% de la densidad máxima seca	43.00%
C.B.R. para una penetración de 0.1" al 95% de la densidad máxima seca	28.80%
C.B.R. para una penetración de 0.2" al 100% de la densidad máxima seca	55.30%
C.B.R. para una penetración de 0.2" al 95% de la densidad máxima seca	37.60%

## MUESTRA N°04: MATERIAL NATURAL CANTERA EL GUITARRERO

**ENSAYO:** Límites de Atterberg, muestra N° 04, material natural de cantera El Guitarrero

LÍMITE LÍQUIDO			
TARA N°	1	2	3
Wt+M. Húmeda (g)	<b>38.74</b>	<b>40.77</b>	<b>38.83</b>
Wt+M. Seca (g)	<b>36.44</b>	<b>38.32</b>	<b>36.75</b>
W tara (g)	<b>23.31</b>	<b>23.42</b>	<b>23.21</b>
W agua (g)	2.30	2.45	2.08
W M. Seca(g)	13.13	14.90	13.54
W (%)	17.52%	16.44%	15.36%
N° GOLPES	<b>16</b>	<b>23</b>	<b>33</b>

LÍMITE PLÁSTICO			
TARA N°	1	2	PROM.
Wt+M. Húmeda (g)			
Wt+M. Seca (g)			
W tara (g)			
W agua (g)			
W M. Seca (g)			
W (%)			NP



Determinamos los valores de los límites de Atterberg:

**Límite líquido: 17%**

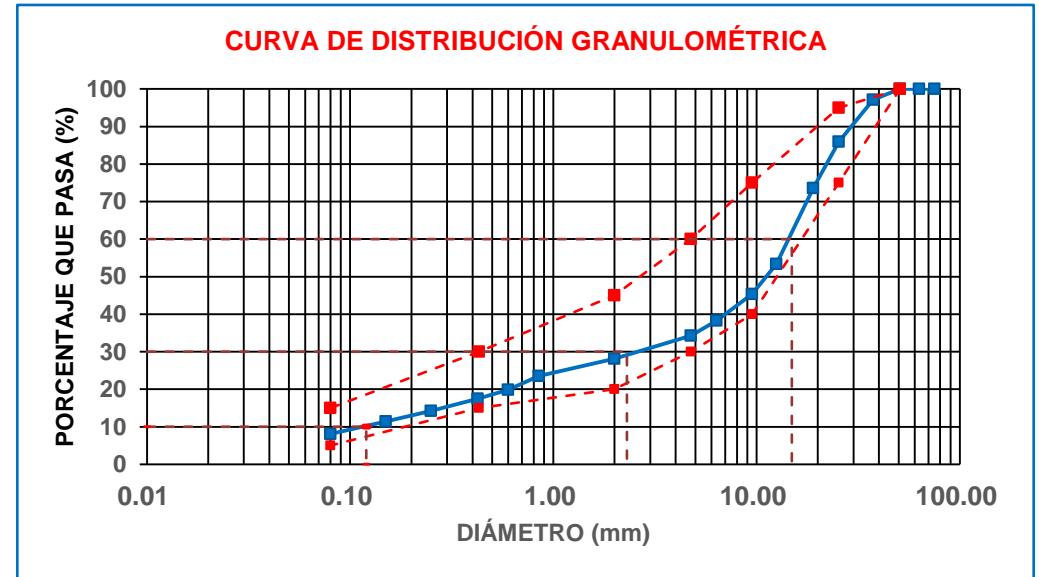
**Límite plástico: NP**

**Índice plástico: NP**

**ENSAYO:** Análisis granulométrico, muestra N°04, material natural - Cantera El Guitarrero.

Peso seco total de la muestra = 10000g.

ANÁLISIS DE LA FRACCIÓN GRUESA					
TAMIZ		PESO RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUM.	% QUE PASA
Nº	ABERTURA (mm)				
3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	37.50	290.00	2.90	2.90	97.10
1"	25.40	1116.00	11.16	14.06	85.94
¾"	19.00	1233	12.33	26.39	73.61
½"	12.50	2021	20.21	46.60	53.40
3/8"	9.50	801	8.01	54.61	45.39
¼"	6.35	709	7.09	61.70	38.30
N°4	4.75	405	4.05	65.75	<b>34.25</b>
<b>TOTAL</b>	WG=	6575			
ANÁLISIS DE LA FRACCIÓN FINA					
FRACCIÓN DE LA MUESTRA CUARTEADA:				0.0684	
PESO SECO DE FRACCIÓN FINA (g):				501	
N 10	2.00	89.00	6.08	71.83	<b>28.17</b>
N 20	0.85	68.00	4.65	76.48	23.52
N 30	0.60	54.00	3.69	80.17	19.83
N 40	0.43	34.00	2.32	82.50	<b>17.50</b>
N 60	0.25	48.00	3.28	85.78	14.22
N 100	0.15	41.00	2.80	88.58	11.42
N 200	0.08	49.00	3.35	91.93	<b>8.07</b>
CAZOLETA	--	118.00	--	--	--



COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Y COEFICIENTE DE CURVATURA		
D10= 0.12	D30= 2.3	D60= 14.9
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD (Cu)		COEFICIENTE DE CURVATURA (Cc)
124.17		2.96
CLASIFICACION AASHTO:		A-1a(0)
CLASIFICACION SUCS:		GW-GM

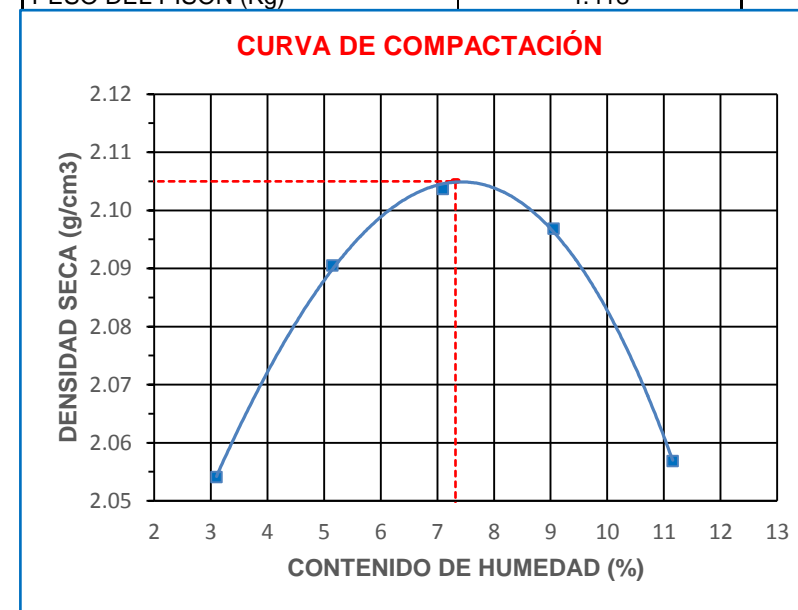
TOTAL		501.00			
-------	--	--------	--	--	--

**ENSAYO:** Próctor modificado, muestra N°04, material natural - Cantera El Guitarrero.

DENSIDAD	NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	5
	N° de capas	5	5	5	5	5
	N° de golpes por capa	56	56	56	56	56
	W Húmedo + W Molde (g)	11007	11186	11308	11383	11382
	W del molde (g)	6295	6295	6295	6295	6295
	W Húmedo (g)	4712	4891	5013	5088	5087
	volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2225	2225	2225	2225	2225
	<b>Densidad Húmeda (g/cm<sup>3</sup>)</b>	2.118	2.198	2.253	2.287	2.286

METODO DE ENSAYO:	<b>C</b>
DIAMETRO DEL MOLDE:	6"
ENERGÍA DE COMPACTACIÓN:	30.75 Kg-cm/cm <sup>3</sup>
N° CAPAS	5
N° DE GOLPES	56
PESO DEL PISÓN (Kg)	4.418

HUMEDAD	ENSAYO	1		2		3		4		5	
	W M. Húmeda + W Tara (g)	569	690	814	964	603	527	688	841	556	749
	W M. Seca + W Tara (g)	555	673	781	924	569	498	640	783	510	686
	W Tara (g)	103	125	134	155	92	88	107	146	97	122
	W Agua (g)	14	17	33	40	34	29	48	58	46	63
	W Muestra Seca (g)	452	548	647	769	477	410	533	637	413	564
	Contenido de Humedad (%)	3.10	3.10	5.10	5.20	7.13	7.07	9.01	9.11	11.14	11.17
	<b>C. de Humedad (%) Prom.</b>	<b>3.10</b>		<b>5.15</b>		<b>7.10</b>		<b>9.06</b>		<b>11.15</b>	
<b>DENSIDAD SECA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.054</b>		<b>2.091</b>		<b>2.104</b>		<b>2.097</b>		<b>2.057</b>		



Determinamos la densidad máxima seca y el óptimo contenido de humedad:



Densidad seca máxima: 2.105 g/cm<sup>3</sup>

Contenido óptimo de humedad: 7.32 %

**ENSAYO:** Ensayo California Bearing Ratio (CBR), muestra N° 04, material natural de cantera El Guitarrero.

COMPACTACIÓN CBR										
N° Golpes por capa		13			27			56		
N° Capas		5			5			5		
Altura de molde (mm)		126			126			126		
CONDICIONES DE LA MUESTRA		ANTES DE SATURAR		DESPUES SATURAR	ANTES DE SATURAR		DESPUES SATURAR	ANTES DE SATURAR		DESPUES SATURAR
W Húmedo + W Molde (g)		12706		12754	11676		11722	13081		13128
W Molde (g)		7807		7807	6625		6625	7772		7772
Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )		2308		2308	2324		2324	2328		2328
W Húmedo (g)		4899		4947	5051		5097	5309		5356
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )		2.123		2.143	2.173		2.193	2.280		2.301
CONTENIDO DE HUMEDAD										
TARA N°	12-A	12-B	12-C	25-A	25-B	25-C	56-A	56-B	56-C	
W Tara + Muestra Húmeda (g)	592	628	512	866	1301	1283	654	722	648	
W Tara + Muestra Seca (g)	559	593	480	819	1267	1246	620	683	609	
W tara (g)	97	103	86	153	782	784	134	134	127	
W agua (g)	33	35	32	47	34	37	34	39	39	
W Muestra Seca(g)	462	490	394	666	485	462	486	549	482	
Contenido de Humedad (%)	7.14	7.14	8.12	7.06	7.01	8.01	7.00	7.10	8.09	
C. Humedad Promedio (%)	7.14		8.12	7.03		8.01	7.05		8.09	
DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1.981		1.982	2.031		2.031	2.130		2.128	
ENSAYO DE EXPANSIÓN										
TIEMPO ACUMULADO		PRESIÓN 13 GOLPES			PRESIÓN 27 GOLPES			PRESIÓN 56 GOLPES		
		LECTURA	EXPANSIÓN		LECTURA	EXPANSIÓN		LECTURA	EXPANSIÓN	
HORAS	DIAS	DEFORM.	mm	%	DEFORM.	mm	%	DEFORM.	mm	%
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00

21	1	0.003	0.076	0.06	0.004	0.102	0.08	0.002	0.051	0.04
48	2	0.006	0.152	0.12	0.005	0.127	0.10	0.004	0.102	0.08
72	3	0.007	0.178	0.14	0.005	0.127	0.10	0.006	0.152	0.12
96	4	0.007	0.178	0.14	0.005	0.127	0.10	0.006	0.152	0.12

(Va...)

(...Viene)

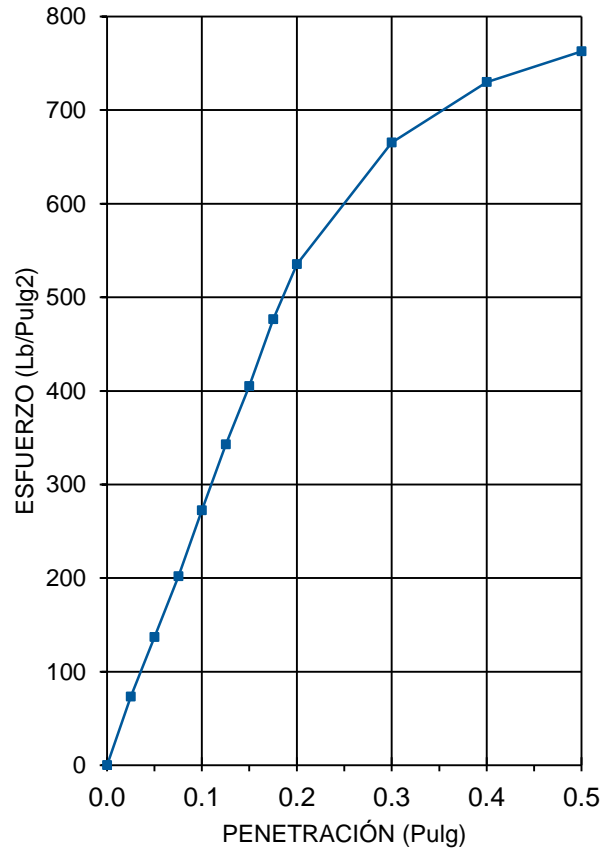
**ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN		PRESIÓN		AREA DEL PISTÓN
mm	Pulg.	Kg/cm2	Lb/pulg2	cm2
2.54	0.10	70.31	1000	<b>20.27</b>
5.08	0.20	105.46	1500	

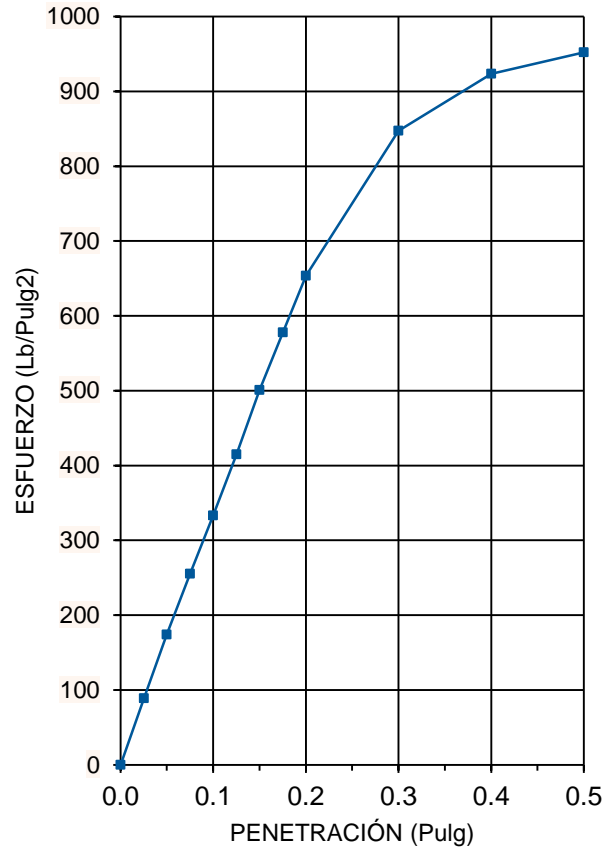
PENETRACIÓN		PRESIÓN 13 GOLPES			PRESIÓN 27 GOLPES			PRESIÓN 56 GOLPES		
mm	pulg.	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
		Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2	Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2	Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2
0	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	104.60	5.16	73.40	126.60	6.25	88.84	171.90	8.48	120.63
1.27	0.050	195.00	9.62	136.84	248.00	12.24	174.03	339.30	16.74	238.09
1.91	0.075	287.80	14.20	201.96	363.70	17.94	255.22	494.80	24.41	347.21
<b>2.54</b>	<b>0.100</b>	388.20	<b>19.15</b>	<b>272.41</b>	474.60	<b>23.42</b>	<b>333.04</b>	650.90	<b>32.11</b>	<b>456.75</b>
3.18	0.125	488.30	24.09	342.65	591.30	29.17	414.93	821.90	40.55	576.75
3.81	0.150	577.10	28.47	404.96	713.60	35.21	500.75	971.70	47.94	681.86
4.45	0.175	679.00	33.50	476.47	823.30	40.62	577.73	1115.60	55.04	782.84
<b>5.08</b>	<b>0.200</b>	762.70	<b>37.63</b>	<b>535.20</b>	931.20	<b>45.94</b>	<b>653.44</b>	1254.70	<b>61.90</b>	<b>880.45</b>
7.62	0.300	948.10	46.78	665.30	1207.50	59.58	847.33	1610.80	79.47	1130.34
10.16	0.400	1040.10	51.32	729.86	1316.10	64.93	923.54	1762.10	86.94	1236.51

12.7	0.500	1086.80	53.62	762.63	1357.10	66.96	952.31	1832.30	90.40	1285.77
------	-------	---------	-------	--------	---------	-------	--------	---------	-------	---------

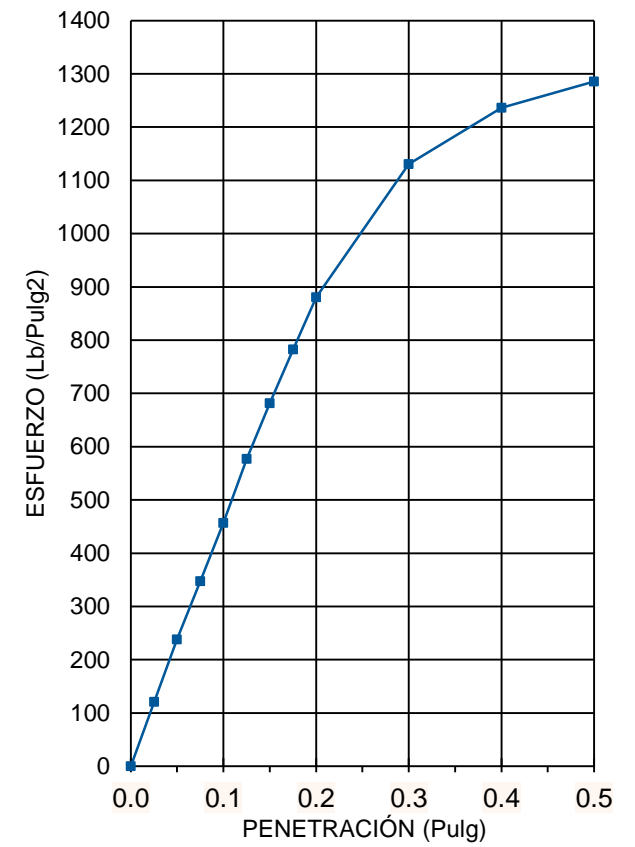
CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN  
(13 GOLPES)



CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN  
(27 GOLPES)

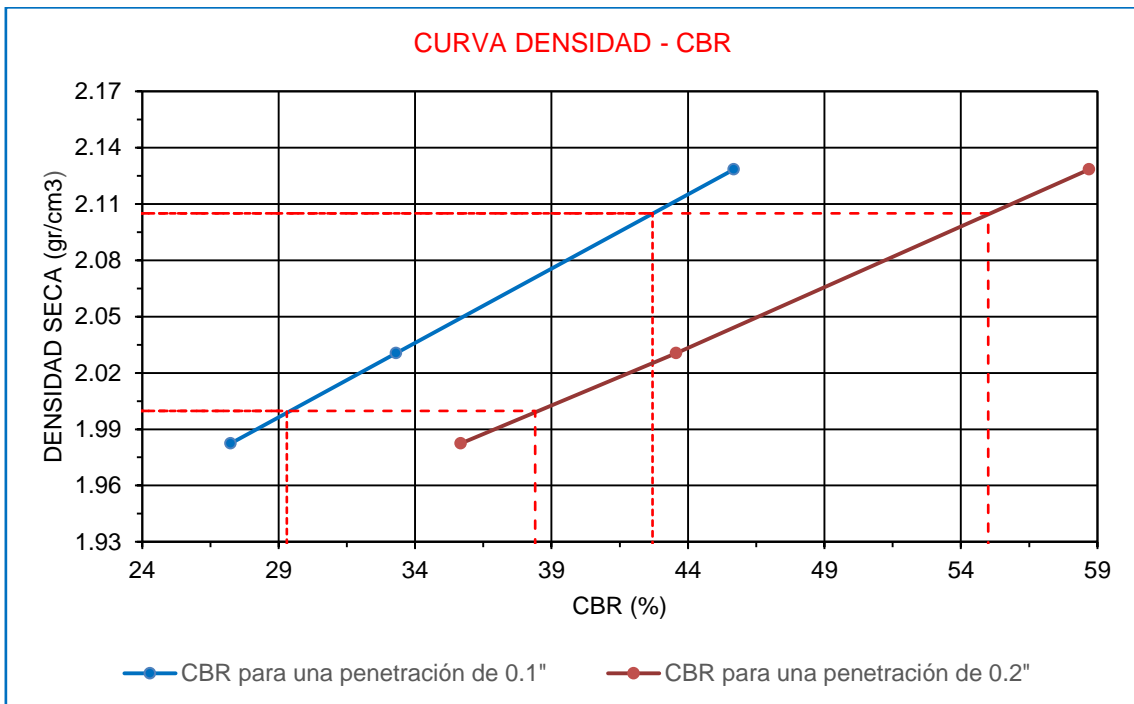


CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN  
(56 GOLPES)



Valores del CBR para penetraciones de 0.1" y 0.2, muestra N° 04, material natural - cantera El Guitarrero.

N° DE GOLPES	VALORES DEL CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.1"			VALORES DEL CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.2"		
	ESFUERZO	CBR	DENSIDAD SECA	ESFUERZO	CBR	DENSIDAD SECA
	Lb/Pulg2	%	g/cm3	Lb/Pulg2	%	g/cm3
PRESIÓN 13 GOLPES	272.41	27.24	1.98	535.20	35.68	1.98
PRESIÓN 27 GOLPES	333.04	33.30	2.03	653.44	43.56	2.03
PRESIÓN 56 GOLPES	456.75	45.68	2.13	880.45	58.70	2.13



Del gráfico determinamos los valores del CBR al 100% y 95% de la densidad máxima seca para penetraciones de 0.1" y 0.2" respectivamente:

- C.B.R. para una penetración de 0.1" al 100% de la densidad máxima seca 42.70%
- C.B.R. para una penetración de 0.1" al 95% de la densidad máxima seca 29.30%
- C.B.R. para una penetración de 0.2" al 100% de la densidad máxima seca 55.00%
- C.B.R. para una penetración de 0.2" al 95% de la densidad máxima seca 38.40%

**ENSAYO:** Abrasión por medio de la máquina de los ángeles del material natural de cantera El Guitarrero.

TAMAÑO MÁXIMO					2"			
GRADACIÓN					2			
N° DE ESFERAS					12			
N° DE REVOLUCIONES					1000			
Tamaño de tamiz mm (pulg) (apertura cuadrada)		MASA DE TAMAÑO INDICADO (g), SEGÚN MANUAL MTC E 207			PESO REAL (g)			
Que pasa	Retenido sobre	1	2	3	M-1	M-2	M-3	M-4
75 (3)	63 (2 1/2)	2500 ± 50	-.					
63 (2 1/2)	50 (2)	2500 ± 50	-.	-.				
50 (2)	37,5 (1 1/2)	5000 ± 50	5000 ± 50	-.	5000	4999	5002	5000
37,5 (1 1/2)	25,0 (1)	-.	5000 ± 50	5000 ± 50	5003	5005	5001	5002
25,0 (1)	19,0 (3/4)	-.	-.	5000 ± 50				
TOTAL		10000 ± 100	10000 ± 75	10000 ± 50	10003	10004	10003	10002
PESO RETENIDO EN LA MALLA N° 12					4886	4923	4988	4868
% DE DESGASTE					51.14	50.77	50.12	51.33
PROMEDIO					50.84			

### **PROPIEDADES FISICO MECÁNICAS DE PIEDRA CHANCADA DEL RÍO CHONTA**

**ENSAYO:** Contenido de humedad de piedra chancada del Río Chonta.

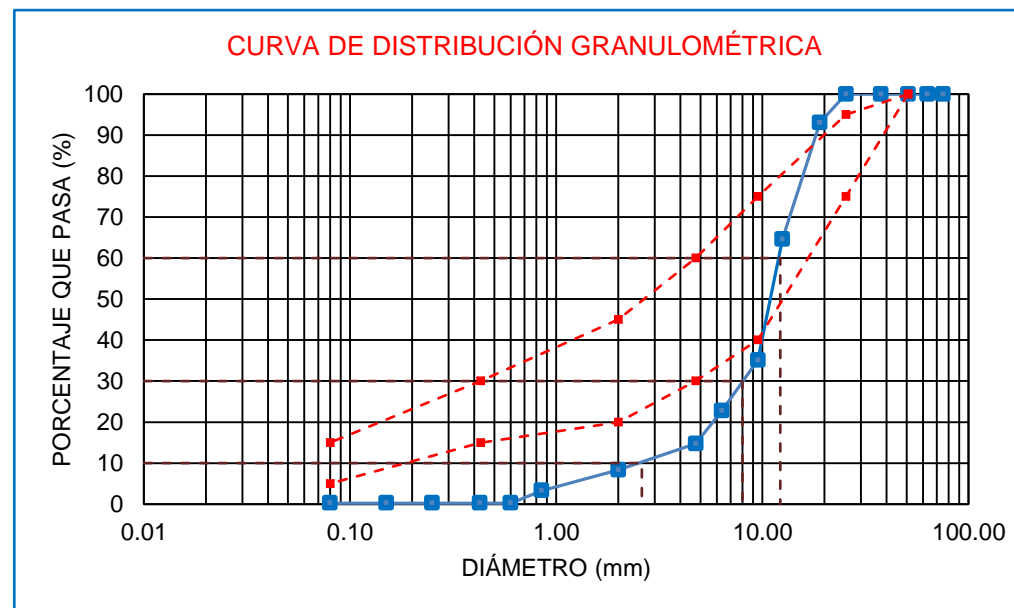
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (AASHTO T 205)</b>			
MUESTRA	1	2	3
PESO HÚMEDO + PESO DE TARA (g)	2139	2154	2060
PESO SECO + PESO DE TARA (g)	2133	2138	2022
PESO DEL AGUA (g)	6	16	38
PESO DE TARA (g)	135	135	103
PESO SECO (g)	1998	2003	1919
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>	<b>0.30</b>	<b>0.80</b>	<b>1.98</b>

## MUESTRA N°01: PIEDRA CHANCADA DEL RÍO CHONTA

**ENSAYO:** Análisis granulométrico, muestra N° 01, piedra chancada del Río Chonta.

Peso seco total de la muestra: 8000 g.

ANÁLISIS DE LA FRACCIÓN GRUESA					
TAMIZ		PESO RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUM.	% QUE PASA
N°	ABERTURA (mm)				
3"	75.00	0	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.00	0	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0	0.00	0.00	100.00
1 ½"	37.50	0	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0	0.00	0.00	100.00
¾"	19.00	369	4.61	4.61	95.39
½"	12.50	2453	30.66	35.28	64.73
⅜"	9.50	2399	29.99	65.26	34.74
¼"	6.35	1006	12.58	77.84	22.16
N°4	4.75	692	8.65	86.49	<b>13.51</b>
N 10	2.00	496	6.20	92.69	<b>7.31</b>
N 20	0.85	326	4.08	96.76	3.24
N 30	0.60	238	2.98	99.74	0.26
N 40	0.43	0	0.00	99.74	<b>0.26</b>
N 60	0.25	0	0.00	99.74	0.26
N 100	0.15	0	0.00	99.74	0.26
N 200	0.08	0	0.00	99.74	<b>0.26</b>
CAZOLETA	--	21.00	0.26	100.00	<b>0.00</b>



COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Y COEFICIENTE DE CURVATURA		
D10= 3	D30= 8.2	D60= 12.2
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD (Cu)		COEFICIENTE DE CURVATURA (Cc)
4.07		1.84
CLASIFICACION AASHTO:		A-1a(0)
CLASIFICACION SUCS:		GP

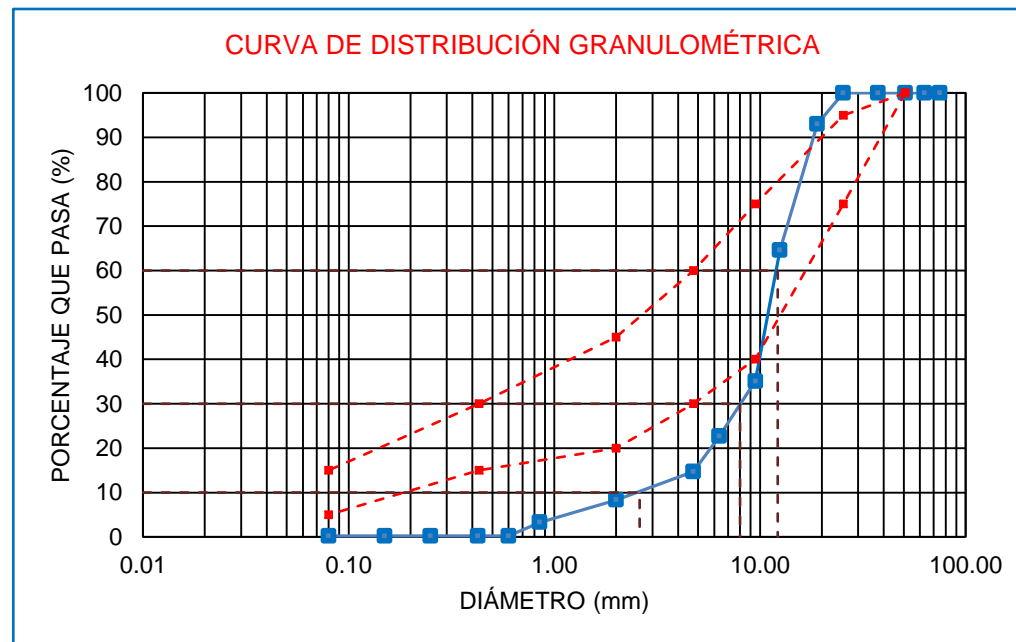
TOTAL	8000			
-------	------	--	--	--

**MUESTRA N°02: PIEDRA CHANCADA DEL RÍO CHONTA**

**ENSAYO:** Análisis granulométrico, muestra N° 02, piedra chancada del Río Chonta.

Peso seco total de la muestra: 8000 g

ANÁLISIS DE LA FRACCIÓN GRUESA					
TAMIZ		PESO RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUM.	% QUE PASA
N°	ABERTURA (mm)				
3"	75.00	0	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.00	0	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0	0.00	0.00	100.00
1 ½"	37.50	0	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0	0.00	0.00	100.00
¾"	19.00	559	6.99	6.99	93.01
½"	12.50	2272	28.40	35.39	64.61
⅜"	9.50	2359	29.49	64.88	35.13
¼"	6.35	992	12.40	77.28	22.73
N°4	4.75	641	8.01	85.29	<b>14.71</b>
N 10	2.00	512	6.40	91.69	<b>8.31</b>
N 20	0.85	402	5.03	96.71	3.29
N 30	0.60	245	3.06	99.78	0.22
N 40	0.43	0	0.00	99.78	<b>0.22</b>
N 60	0.25	0	0.00	99.78	0.22
N 100	0.15	0	0.00	99.78	0.22
N 200	0.08	0	0.00	99.78	<b>0.22</b>
CAZOLETA	--	18.00	0.23	100.00	<b>0.00</b>
TOTAL		8000			



COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Y COEFICIENTE DE CURVATURA		
D10= 2.6	D30= 8	D60= 12.2
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD (Cu)		COEFICIENTE DE CURVATURA (Cc)
4.69		2.02
CLASIFICACION AASHTO:		A-1a(0)
CLASIFICACION SUCS:		GP

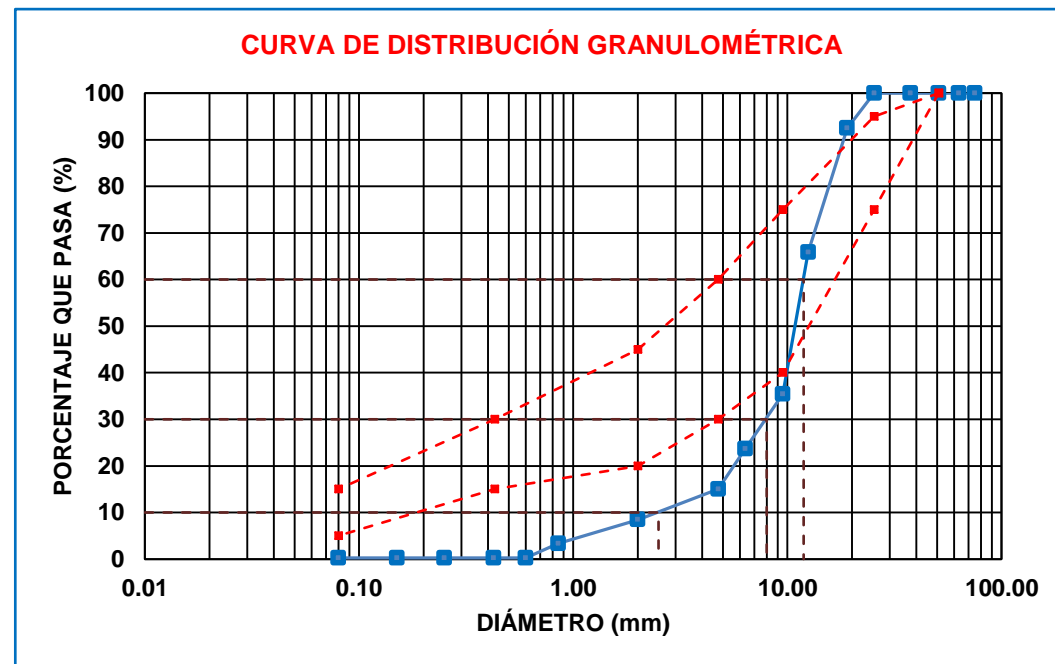


### MUESTRA N°03: PIEDRA CHANCADA DEL RÍO CHONTA

**ENSAYO:** Análisis granulométrico, muestra N° 03, piedra chancada del Río Chonta.

Peso seco total de la muestra: 8000 g

ANÁLISIS DE LA FRACCIÓN GRUESA					
TAMIZ		PESO RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUM.	% QUE PASA
N°	ABERTURA (mm)				
3"	75.00	0	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.00	0	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0	0.00	0.00	100.00
1 ½"	37.50	0	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0	0.00	0.00	100.00
¾"	19.00	602	7.53	7.53	92.48
½"	12.50	2132	26.65	34.18	65.83
⅜"	9.50	2431	30.39	64.56	35.44
¼"	6.35	944	11.80	76.36	23.64
N°4	4.75	692	8.65	85.01	<b>14.99</b>
N 10	2.00	523	6.54	91.55	<b>8.45</b>
N 20	0.85	411	5.14	96.69	3.31
N 30	0.60	247	3.09	99.78	0.22
N 40	0.43	0	0.00	99.78	<b>0.22</b>
N 60	0.25	0	0.00	99.78	0.22
N 100	0.15	0	0.00	99.78	0.22
N 200	0.08	0	0.00	99.78	<b>0.22</b>
CAZOLETA	--	18.00	0.23	100.00	<b>0.00</b>
TOTAL		8000			



COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Y COEFICIENTE DE CURVATURA		
D10= 2.5	D30= 8	D60= 11.9
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD (Cu)		COEFICIENTE DE CURVATURA (Cc)
4.76		2.15
CLASIFICACION AASHTO:		A-1a(0)
CLASIFICACION SUCS:		GP

**ENSAYO:** Abrasión por medio de la máquina de los ángeles de la piedra chancada del Río Chonta.

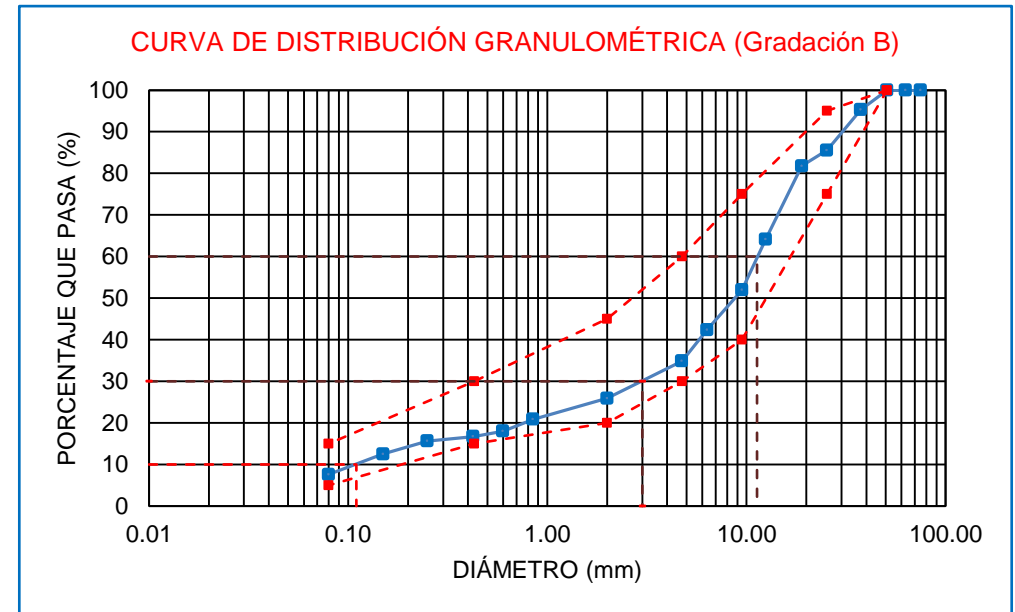
TAMAÑO MÁXIMO						1"		
GRADACIÓN						B		
N° DE ESFERAS						11		
N° DE REVOLUCIONES						500		
Medida de tamiz (abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g				PESO REAL (gr)		
Que pasa	Retenido sobre	Gradación				M-1	M-2	M-3
		A	B	C	D			
37,5 mm (1 1/2")	25.0 mm (1")	1250 ± 25	--	--	--			
25,0 mm (1 ")	19,0 mm (3/4")	1250 ± 25	--	--	--			
19,0 mm (3/4")	12,5 mm (1/2")	1250 ± 10	2500 ± 10	--	--	2501	2499	2500
12,5 mm (1/2")	9,5 mm (3/8")	1250 ± 10	2500 ± 10	--	--	2500	2502	2500
9,5 mm (3/8")	6,3 mm (1/4")	--	--	2500 ± 10	--			
6,3 mm (1/4")	4,75 mm (N°4)	--	--	2500 ± 10	--			
4,75 mm (N°4)	2,36 mm (N°8)	--	--		5000			
TOTAL		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5001	5001	5000
PESO RETENIDO EN LA MALLA N° 12						3622	3633	3651
% DE DESGASTE						27.57	27.35	26.98
% DE DESGASTE PROMEDIO						27.30		

**PROPIEDADES FISICO MECANICAS MEZCLA DE MATERIALES 80% DE LA CANTERA EL GUITARRERO Y 20% DE PIEDRA CHANCADA DEL RÍO CHONTA**

**ENSAYO:** Análisis granulométrico, mezcla de materiales 80% de la cantera El Guitarrero y 20% de piedra chancada del Río Chonta.

Peso seco total de la muestra: 10000 g.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
TAMIZ		PESO RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUM.	% QUE PASA
Nº	ABERTURA (mm)				
3"	75.00	0	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.00	0	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0	0.00	0.00	100.00
1 ½"	37.50	471	4.71	4.71	95.29
1"	25.40	974	9.74	14.45	85.55
¾"	19.00	377	3.77	18.22	81.78
½"	12.50	1768	17.68	35.90	64.10
⅜"	9.50	1213	12.13	48.03	51.97
¼"	6.35	959	9.59	57.62	42.38
Nº4	4.75	751	7.51	65.13	<b>34.87</b>
N 10	2.00	896	8.96	74.09	<b>25.91</b>
N 20	0.85	504	5.04	79.13	20.87
N 30	0.60	284	2.84	81.97	18.03
N 40	0.43	133	1.33	83.30	<b>16.70</b>
N 60	0.25	106	1.06	84.36	15.64
N 100	0.15	312	3.12	87.48	12.52
N 200	0.08	494	4.94	92.42	<b>7.58</b>
CAZOLETA	--	758.00	7.58	100.00	<b>0.00</b>
TOTAL		10000			



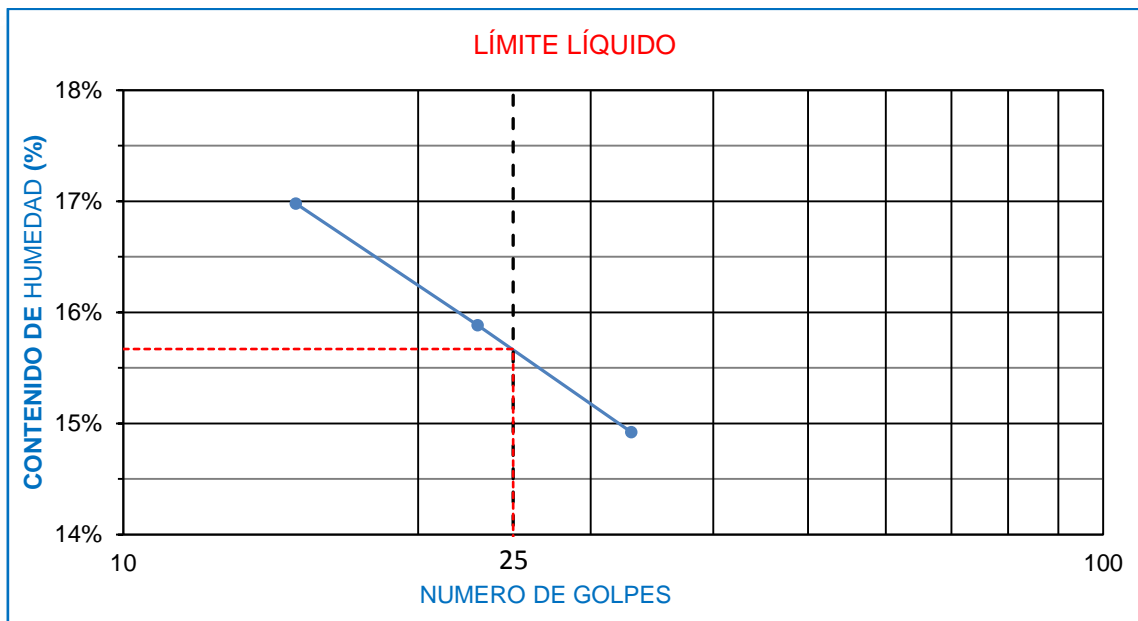
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Y COEFICIENTE DE CURVATURA		
D10= 0.11	D30= 3	D60= 11.3
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD (Cu)		COEFICIENTE DE CURVATURA (Cc)
102.73		7.24
CLASIFICACION AASHTO:		A-1a(0)
CLASIFICACION SUCS:		GP-GM

**MUESTRA N°01: MEZCLA DE MATERIALES 80% DE LA CANTERA EL GUITARRERO Y 20% DE PIEDRA CHANCADA DEL RÍO CHONTA**

**ENSAYO:** Límites de Atterberg, muestra N° 01, mezcla de materiales 80% de la cantera el guitarrero y 20% de piedra chancada del río chonta.

LÍMITE LÍQUIDO			
TARA N°	1	2	3
Wt + M. Húmeda (g)	<b>38.68</b>	<b>40.63</b>	<b>38.72</b>
Wt + M. Seca (g)	<b>36.42</b>	<b>38.26</b>	<b>36.74</b>
W tara (g)	<b>23.11</b>	<b>23.34</b>	<b>23.47</b>
W agua (g)	2.26	2.37	1.98
W M. Seca(g)	13.31	14.92	13.27
W (%)	16.98%	15.88%	14.92%
N° GOLPES	<b>15</b>	<b>23</b>	<b>33</b>

LÍMITE PLÁSTICO			
TARA N°	1	2	PROM.
Wt + M. Húmeda (g)			
Wt + M. Seca (g)			
W tara (g)			
W agua (g)			
W M. Seca (g)			
W (%)			NP



Determinamos los límites de Atterberg:

**Límite líquido: 16%**

**Límite plástico: NP**

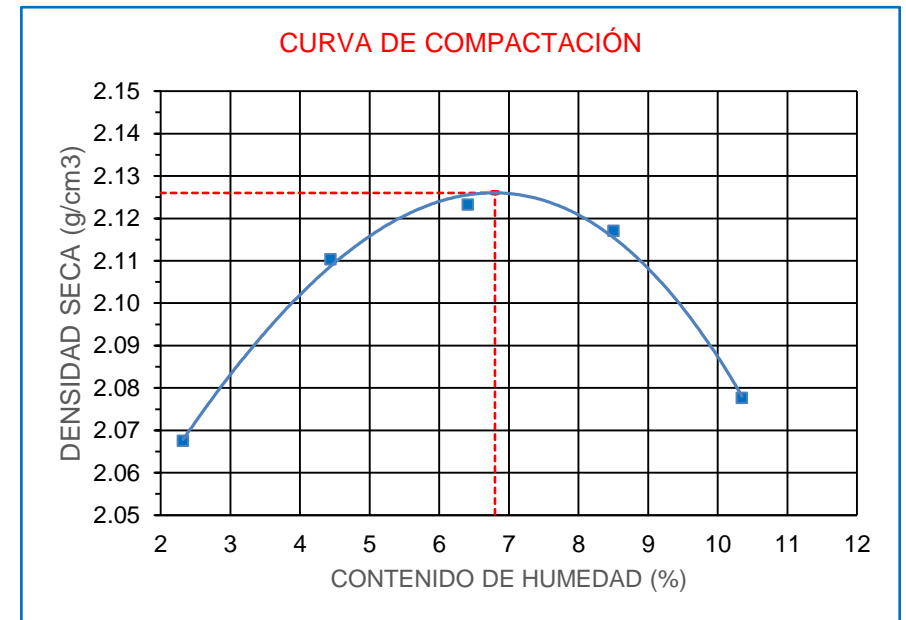
**Índice plástico: NP**

**ENSAYO:** Pactor Modificado, muestra N°01, mezcla de materiales 80% de la cantera El Guitarrero y 20% de piedra chancada del Río Chonta.

DENSIDAD	NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	5
	N° de capas	5	5	5	5	5
	N° de golpes por capa	56	56	56	56	56
	W Húmedo + W Molde (g)	11002	11199	11322	11406	11396
	W del molde (g)	6295	6295	6295	6295	6295
	W Húmedo (g)	4707	4904	5027	5111	5101
	volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2225	2225	2225	2225	2225
	<b>Densidad Húmeda (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.116</b>	<b>2.204</b>	<b>2.259</b>	<b>2.297</b>	<b>2.293</b>

METODO DE ENSAYO:	<b>C</b>
DIAMETRO DEL MOLDE:	6"
ENERGÍA DE COMPACTACIÓN:	30.75 Kg-cm/cm <sup>3</sup>
N° CAPAS	5
N° DE GOLPES	56
PESO DEL PISÓN (Kg)	4.418
ALTURADE CAIDA DEL PISÓN (cm)	55.3
VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> )	2225

HUMEDAD	ENSAYO	1		2		3		4		5	
	W M. Húmeda + W Tara (g)	877	932	617	703	678	448	736	761	482	418
	W M. Seca + W Tara (g)	861	914	595	679	643	426	689	712	445	387
	W Tara (g)	157	155	104	134	103	79	137	135	88	87
	W Agua (g)	16	18	22	24	35	22	47	49	37	31
	W Muestra Seca (g)	704	759	491	545	540	347	552	577	357	300
	Contenido de Humedad (%)	2.27	2.37	4.48	4.40	6.48	6.34	8.51	8.49	10.36	10.33
	<b>C. de Humedad (%) Promedio</b>	<b>2.32</b>	<b>4.44</b>	<b>6.41</b>	<b>8.50</b>	<b>10.35</b>					
<b>Densidad seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.067</b>	<b>2.110</b>	<b>2.123</b>	<b>2.117</b>	<b>2.078</b>						



Determinamos la densidad máxima seca y el contenido óptimo de humedad:

**Densidad seca máxima: 2.126 g/cm<sup>3</sup>**

**Contenido óptimo de humedad: 6.80 %**

**ENSAYO:** Ensayo California Bearing Ratio (CBR), muestra N° 01, mezcla de materiales 80% de la cantera El Guitarrero y 20% de piedra chancada del Río Chonta.

<b>COMPACTACIÓN CBR</b>										
N° Golpes por capa	13			27			56			
N° Capas	5			5			5			
Altura de molde (mm)	126			126			126			
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>	<b>ANTES DE SATURAR</b>		<b>DESPUES SATURAR</b>	<b>ANTES DE SATURAR</b>		<b>DESPUES SATURAR</b>	<b>ANTES DE SATURAR</b>		<b>DESPUES SATURAR</b>	
W Húmedo + W Molde (g)	12734		12792	11796		11853	13112		13162	
W Molde (g)	7807		7807	6625		6625	7772		7772	
Volumen del Molde (cm3)	2308		2308	2324		2324	2328		2328	
W Húmedo (g)	4927		4985	5171		5228	5340		5390	
Densidad Húmeda (g/cm3)	2.135		2.160	2.225		2.250	2.294		2.315	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>										
<b>TARA N°</b>	<b>12-A</b>	<b>12-B</b>	<b>12-C</b>	<b>25-A</b>	<b>25-B</b>	<b>25-C</b>	<b>56-A</b>	<b>56-B</b>	<b>56-C</b>	
W Tara + Muestra Húmeda (g)	656	837	845	974	1351	1385	672	829	914	
W Tara + Muestra Seca (g)	623	792	793	928	1315	1340	636	786	860	
W tara (g)	135	134	137	264	779	769	104	155	157	
W agua (g)	33	45	52	46	36	45	36	43	54	
W Muestra Seca(g)	488	658	656	664	536	571	532	631	703	
<b>Contenido de Humedad (%)</b>	<b>6.76</b>	<b>6.84</b>	<b>7.93</b>	<b>6.93</b>	<b>6.72</b>	<b>7.88</b>	<b>6.77</b>	<b>6.81</b>	<b>7.68</b>	
<b>C. Humedad Promedio (%)</b>	<b>6.80</b>		<b>7.93</b>	<b>6.82</b>		<b>7.88</b>	<b>6.79</b>		<b>7.68</b>	
<b>DENSIDAD SECA (g/cm3)</b>	<b>1.999</b>		<b>2.001</b>	<b>2.083</b>		<b>2.085</b>	<b>2.148</b>		<b>2.150</b>	
<b>ENSAYO DE EXPANSIÓN</b>										
<b>TIEMPO ACUMULADO</b>		<b>PRESIÓN 13 GOLPES</b>			<b>PRESIÓN 27 GOLPES</b>			<b>PRESIÓN 56 GOLPES</b>		
		<b>LECTURA</b>	<b>EXPANSIÓN</b>		<b>LECTURA</b>	<b>EXPANSIÓN</b>		<b>LECTURA</b>	<b>EXPANSIÓN</b>	
<b>HORAS</b>	<b>DIAS</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>
0	0	NO EXPANSIVO								
21	1									
48	2									
72	3									
96	4									

(...Viene)

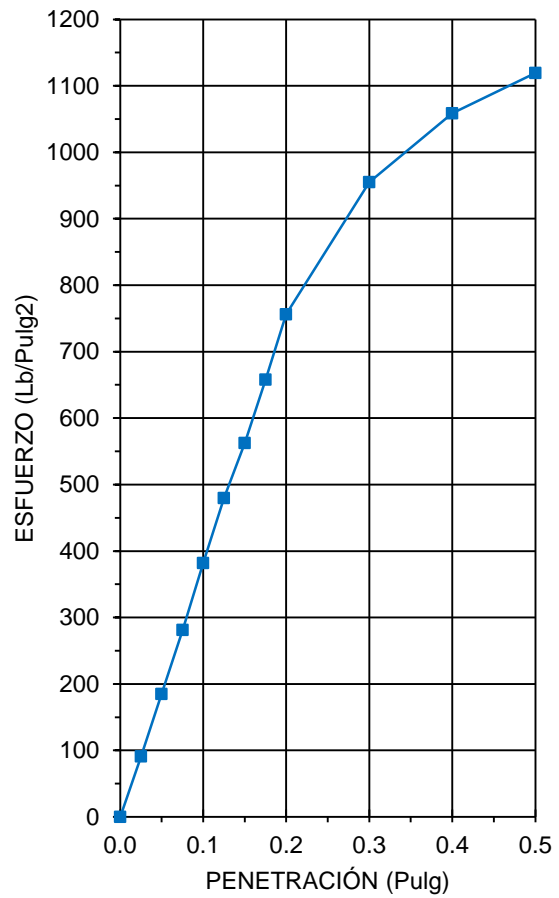
(Va...)

**ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN**

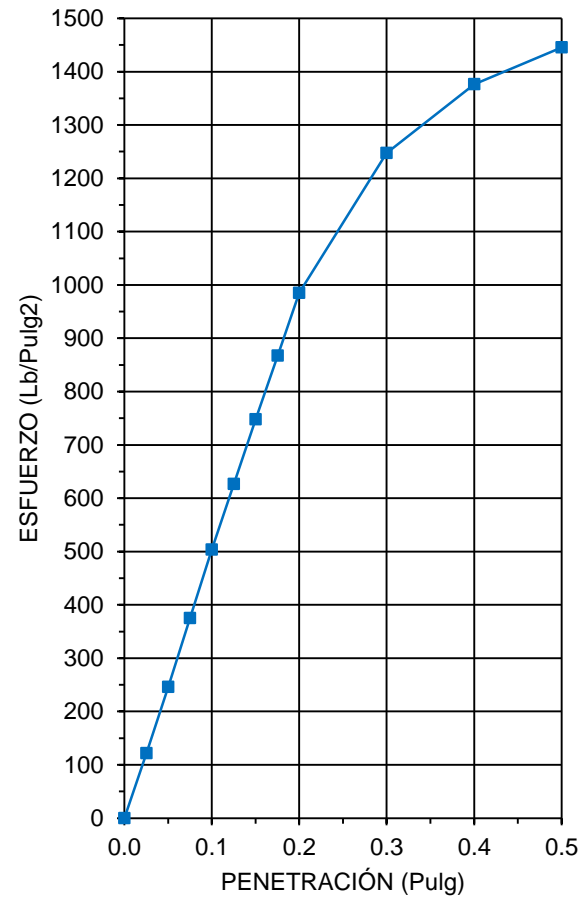
PENETRACIÓN		PRESIÓN		AREA DEL PISTÓN
mm	Pulg.	Kg/cm2	Lb/pulg2	cm2
2.54	0.10	70.31	1000	<b>20.27</b>
5.08	0.20	105.46	1500	

PENETRACIÓN		PRESIÓN 13 GOLPES			PRESIÓN 27 GOLPES			PRESIÓN 56 GOLPES		
mm	pulg.	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
		Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2	Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2	Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2
0	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	129.50	6.39	90.87	173.70	8.57	121.89	220.80	10.89	154.94
1.27	0.050	263.70	13.01	185.04	350.60	17.30	246.02	433.70	21.40	304.34
1.91	0.075	400.70	19.77	281.18	534.50	26.37	375.07	647.90	31.97	454.65
<b>2.54</b>	<b>0.100</b>	<b>544.40</b>	<b>26.86</b>	<b>382.02</b>	<b>717.50</b>	<b>35.40</b>	<b>503.49</b>	<b>851.20</b>	<b>42.00</b>	<b>597.31</b>
3.18	0.125	683.50	33.72	479.63	892.70	44.04	626.43	1048.40	51.73	735.69
3.81	0.150	801.90	39.56	562.71	1065.60	52.57	747.76	1257.10	62.02	882.14
4.45	0.175	937.80	46.27	658.08	1235.80	60.97	867.19	1459.00	71.98	1023.81
<b>5.08</b>	<b>0.200</b>	<b>1077.70</b>	<b>53.17</b>	<b>756.25</b>	<b>1403.80</b>	<b>69.26</b>	<b>985.08</b>	<b>1653.10</b>	<b>81.56</b>	<b>1160.02</b>
7.62	0.300	1361.30	67.16	955.26	1777.10	87.68	1247.03	2291.40	113.05	1607.93
10.16	0.400	1508.70	74.44	1058.69	1961.20	96.76	1376.22	2623.00	129.41	1840.62
12.7	0.500	1595.20	78.70	1119.39	2059.80	101.63	1445.41	2790.40	137.67	1958.09

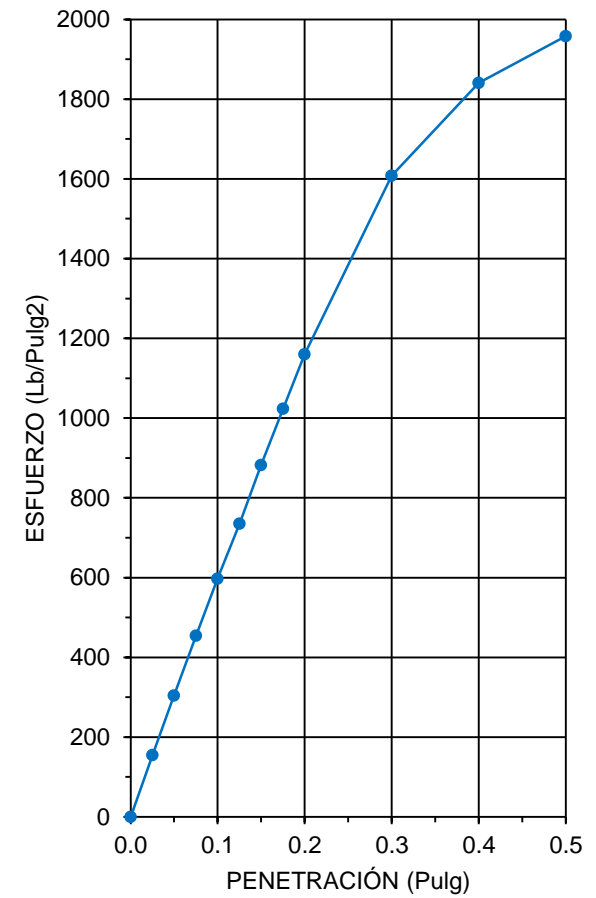
CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN  
(13 GOLPES)



CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN  
(27 GOLPES)



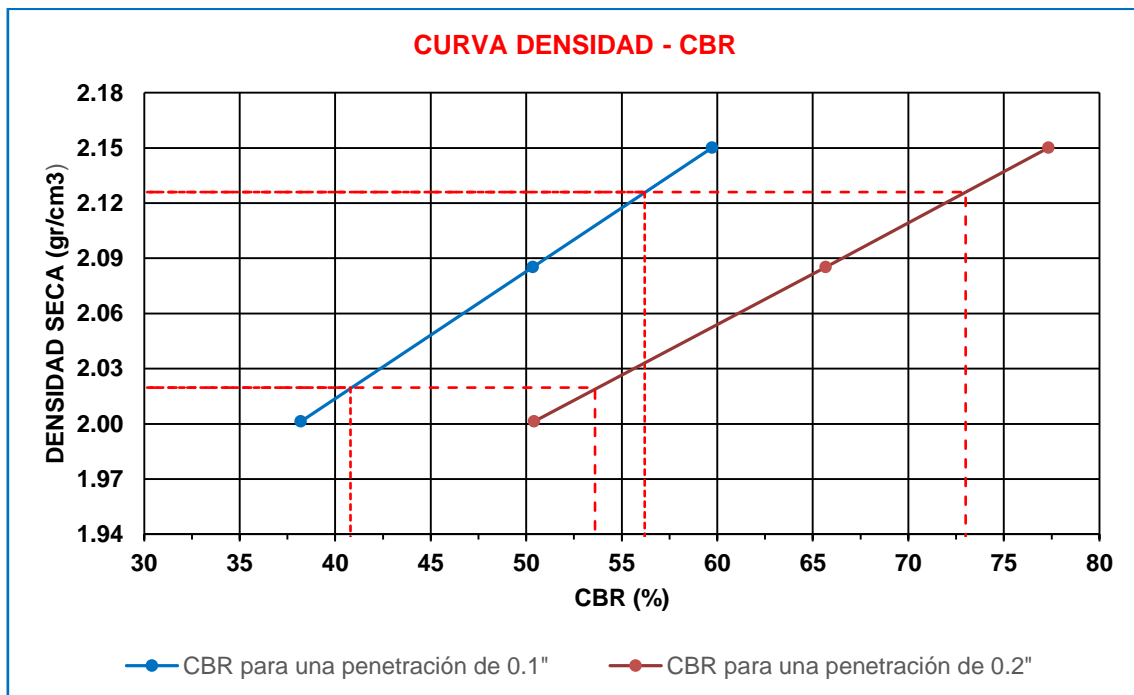
CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN  
(56 GOLPES)





Valores del CBR para penetraciones de 0.1" y 0.2", muestra N° 01, mezcla de materiales 80% de la cantera El Guitarrero y 20% de piedra chancada del Río Chonta.

VALORES DEL CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.1"			VALORES DEL CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.2"		
ESFUERZO	CBR	DENSIDAD SECA	ESFUERZO	CBR	DENSIDAD SECA
Lb/Pulg2	%	gr/cm3	Lb/Pulg2	%	gr/cm3
382.02	38.20	2.00	756.25	50.42	2.00
503.49	50.35	2.09	985.08	65.67	2.09
597.31	59.73	2.15	1160.02	77.33	2.15



Del gráfico determinamos los valores del CBR al 100% y 95% de la densidad máxima seca para penetraciones de 0.1" y 0.2" respectivamente:

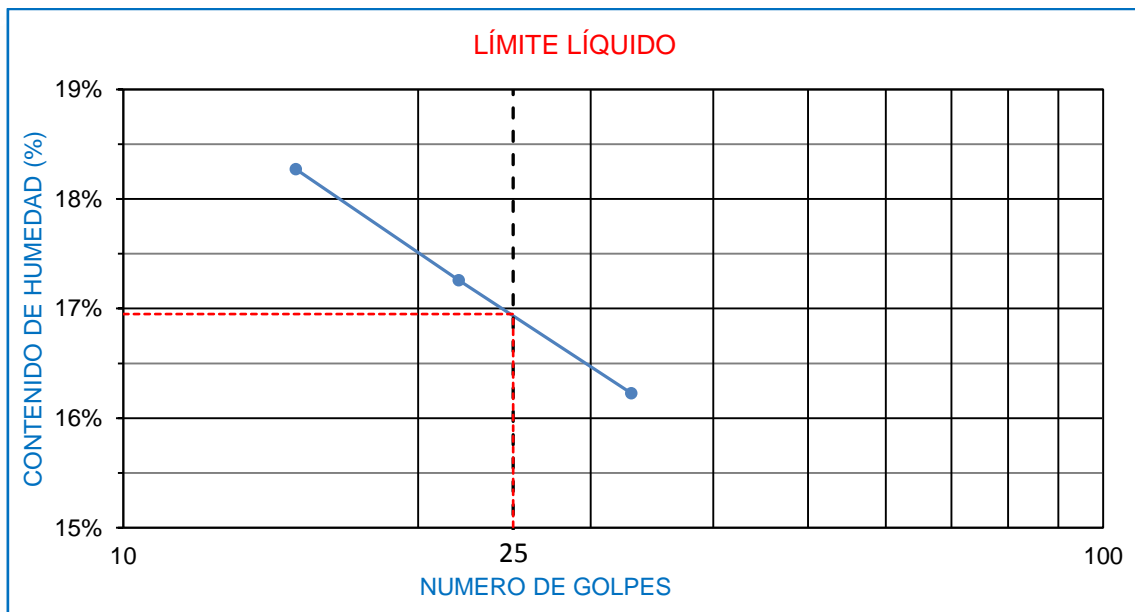
C.B.R. para una penetración de 0.1" al 100% de la densidad máxima seca	56.20%
C.B.R. para una penetración de 0.1" al 95% de la densidad máxima seca	40.80%
C.B.R. para una penetración de 0.2" al 100% de la densidad máxima seca	73.00%
C.B.R. para una penetración de 0.2" al 95% de la densidad máxima seca	53.60%

**MUESTRA N°02: MEZCLA DE MATERIALES 80% DE LA CANTERA EL GUITARRERO Y 20% DE PIEDRA CHANCADA DEL RÍO CHONTA**

**ENSAYO:** Límites de Atterberg, muestra N° 02, mezcla de materiales 80% de la cantera el guitarrero y 20% de piedra chancada del río chonta.

LÍMITE LÍQUIDO			
TARA N°	1	2	3
Wt + M. Húmeda (g)	<b>38.81</b>	<b>40.54</b>	<b>38.38</b>
Wt + M. Seca (g)	<b>36.44</b>	<b>38.30</b>	<b>36.96</b>
W tara (g)	<b>23.47</b>	<b>25.32</b>	<b>28.21</b>
W agua (g)	2.37	2.24	1.42
W M. Seca(g)	12.97	12.98	8.75
W (%)	18.27%	17.26%	16.23%
N° GOLPES	<b>15</b>	<b>22</b>	<b>33</b>

LÍMITE PLÁSTICO			
TARA N°	1	2	PROM.
Wt+M. Húmeda (g)			
Wt + M. Seca (g)			
W tara (g)			
W agua (g)			
W M. Seca (g)			
W (%)			NP



Determinamos los límites de Atterberg:

**Límite líquido: 17%**

**Límite plástico: NP**

**Índice plástico: NP**

**ENSAYO:** Pactor Modificado, muestra N°02, mezcla de materiales 80% de la cantera El Guitarrero y 20% de piedra chancada del Río Chonta.

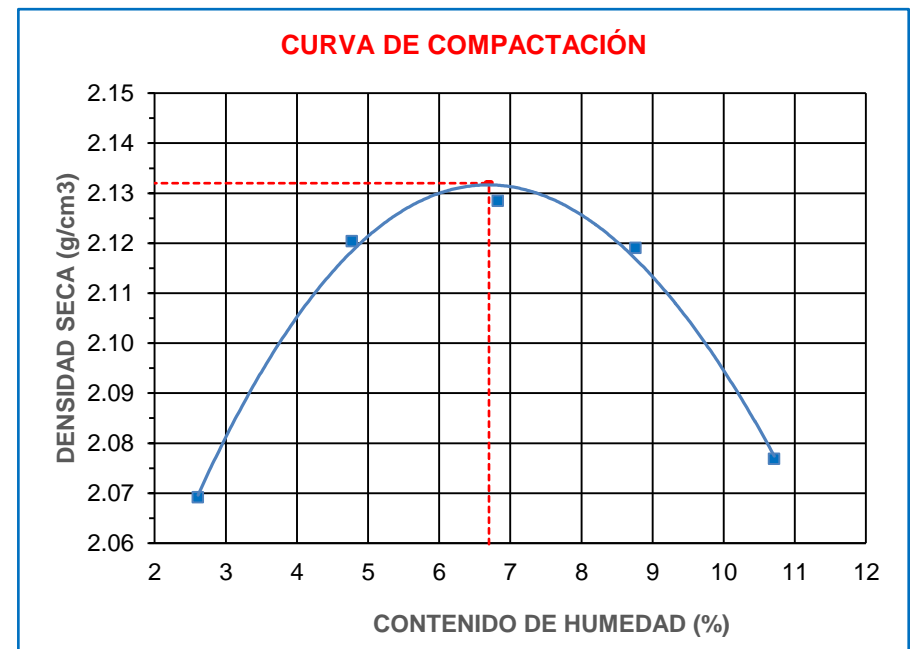
DENSIDAD	NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	5
	N° de capas	5	5	5	5	5
	N° de golpes por capa	56	56	56	56	56
	W Húmedo + W Molde (g)	11019	11238	11354	11423	11411
	W del molde (g)	6295	6295	6295	6295	6295
	W Húmedo (g)	4724	4943	5059	5128	5116
	volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2225	2225	2225	2225	2225
	<b>Densidad Húmeda (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.123</b>	<b>2.222</b>	<b>2.274</b>	<b>2.305</b>	<b>2.299</b>

METODO DE ENSAYO:	<b>C</b>
DIAMETRO DEL MOLDE:	6"
ENERGÍA DE COMPACTACIÓN:	30.75 Kg-cm/cm <sup>3</sup>
N° CAPAS	5
N° DE GOLPES	56
PESO DEL PISÓN (Kg)	4.418
ALTURADE CAIDA DEL PISÓN (cm)	55.3
VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> )	2225

HUMEDAD	ENSAYO	1		2		3		4		5	
	W M. Húmeda + W Tara (g)	755	712	846	892	687	664	909	474	523	551
	W M. Seca + W Tara (g)	739	696	815	858	652	630	847	442	481	506
	W Tara (g)	104	103	155	157	137	134	135	79	87	88
	W Agua (g)	16	16	31	34	35	34	62	32	42	45
	W Muestra Seca (g)	635	593	660	701	515	496	712	363	394	418
	Contenido de Humedad (%)	2.52	2.70	4.70	4.85	6.80	6.85	8.71	8.82	10.66	10.77
	<b>C. de Humedad (%) Prom.</b>	<b>2.61</b>	<b>4.77</b>	<b>6.83</b>	<b>8.76</b>	<b>10.71</b>					
<b>DENSIDAD SECA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.069</b>	<b>2.120</b>	<b>2.128</b>	<b>2.119</b>	<b>2.077</b>						

Determinamos la densidad máxima seca y el óptimo contenido de humedad:

**densidad seca máxima: 2.132 g/cm<sup>3</sup>**  
**Contenido óptimo de humedad: 6.70 %**



**ENSAYO:** Ensayo California Bearing Ratio (CBR), muestra N° 02, mezcla de materiales 80% de la cantera El Guitarrero y 20% de piedra chancada del Río Chonta.

<b>COMPACTACIÓN CBR</b>																			
N° Golpes por capa		13			27			56											
N° Capas		5			5			5											
Altura de molde (mm)		126			126			126											
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>		<b>ANTES DE SATURAR</b>		<b>DESPUES SATURAR</b>		<b>ANTES DE SATURAR</b>		<b>DESPUES SATURAR</b>		<b>ANTES DE SATURAR</b>		<b>DESPUES SATURAR</b>							
W Húmedo + W Molde (g)		12738		12785		11766		11819		13098		13143							
W Molde (g)		7807		7807		6625		6625		7772		7772							
Volumen del Molde (cm3)		2308		2308		2324		2324		2328		2328							
W Húmedo (g)		4931		4978		5141		5194		5326		5371							
Densidad Húmeda (g/cm3)		2.136		2.157		2.212		2.235		2.288		2.307							
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>																			
<b>TARA N°</b>		<b>12-A</b>		<b>12-B</b>		<b>12-C</b>		<b>25-A</b>		<b>25-B</b>		<b>25-C</b>		<b>56-A</b>		<b>56-B</b>		<b>56-C</b>	
W Tara + Muestra Húmeda (g)		809		927		841		713		956		873		1485		994		1381	
W Tara + Muestra Seca (g)		766		877		790		675		906		822		1440		948		1339	
W tara (g)		135		137		134		103		157		155		769		264		779	
W agua (g)		43		50		51		38		50		51		45		46		42	
W Muestra Seca(g)		631		740		656		572		749		667		671		684		560	
<b>Contenido de Humedad (%)</b>		<b>6.81</b>		<b>6.76</b>		<b>7.77</b>		<b>6.64</b>		<b>6.68</b>		<b>7.65</b>		<b>6.71</b>		<b>6.73</b>		<b>7.50</b>	
<b>C. Humedad Promedio (%)</b>		<b>6.79</b>		<b>7.77</b>		<b>6.66</b>		<b>7.65</b>		<b>6.72</b>		<b>7.50</b>							
<b>Densidad seca (g/cm3)</b>		<b>2.001</b>		<b>2.001</b>		<b>2.074</b>		<b>2.076</b>		<b>2.144</b>		<b>2.146</b>							
<b>ENSAYO DE EXPANSIÓN</b>																			
<b>TIEMPO ACUMULADO</b>		<b>PRESIÓN 13 GOLPES</b>				<b>PRESIÓN 27 GOLPES</b>				<b>PRESIÓN 56 GOLPES</b>									
		<b>LECTURA</b>		<b>EXPANSIÓN</b>		<b>LECTURA</b>		<b>EXPANSIÓN</b>		<b>LECTURA</b>		<b>EXPANSIÓN</b>							
<b>HORAS</b>	<b>DIAS</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>						
0	0	NP																	
21	1																		
48	2																		
72	3																		
96	4																		

(Va...)

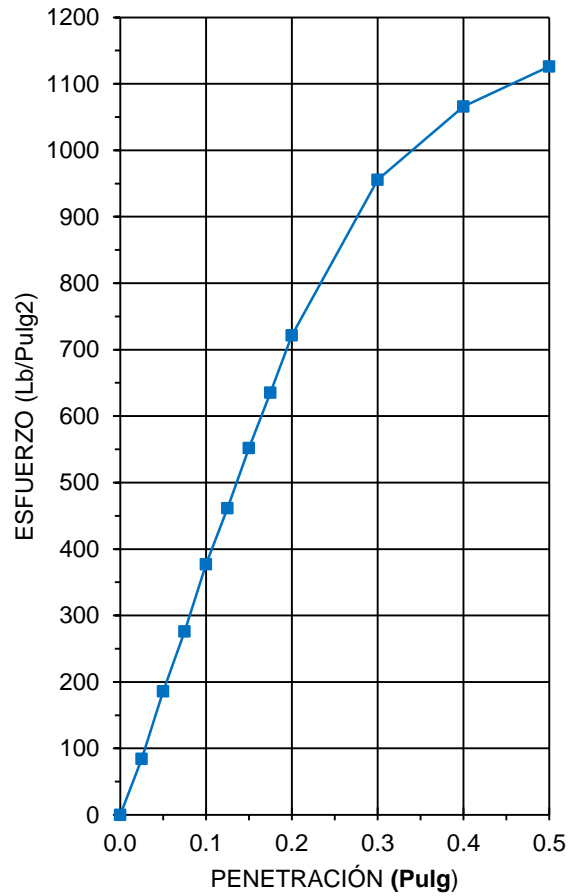
(...Viene)

**ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN**

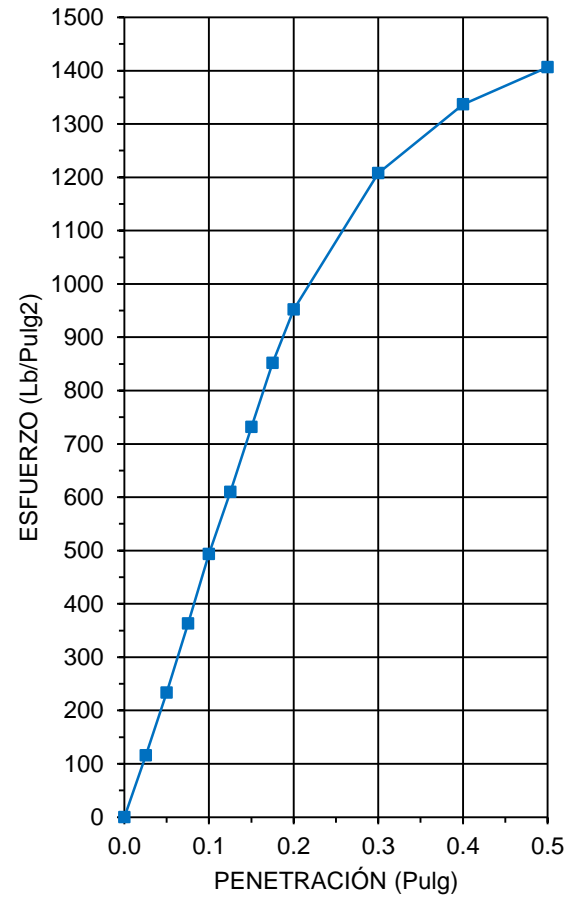
PENETRACIÓN		PRESIÓN		AREA DEL PISTÓN
mm	Pulg.	Kg/cm2	Lb/pulg2	cm2
2.54	0.10	70.31	1000	<b>20.27</b>
5.08	0.20	105.46	1500	

PENETRACIÓN		PRESIÓN 13 GOLPES			PRESIÓN 27 GOLPES			PRESIÓN 56 GOLPES		
mm	pulg.	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
		Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2	Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2	Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2
0	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	120.20	5.93	84.35	164.60	8.12	115.50	232.10	11.45	162.87
1.27	0.050	265.30	13.09	186.17	332.70	16.41	233.46	436.30	21.53	306.16
1.91	0.075	393.20	19.40	275.92	517.60	25.54	363.21	663.00	32.71	465.24
<b>2.54</b>	<b>0.100</b>	<b>537.60</b>	<b>26.52</b>	<b>377.25</b>	<b>703.20</b>	<b>34.69</b>	<b>493.45</b>	<b>876.70</b>	<b>43.25</b>	<b>615.20</b>
3.18	0.125	657.60	32.44	461.45	868.80	42.86	609.66	1087.60	53.66	763.19
3.81	0.150	786.80	38.82	552.12	1042.70	51.44	731.69	1281.90	63.25	899.54
4.45	0.175	905.50	44.68	635.41	1214.00	59.90	851.89	1481.90	73.11	1039.88
<b>5.08</b>	<b>0.200</b>	<b>1028.30</b>	<b>50.73</b>	<b>721.58</b>	<b>1356.40</b>	<b>66.92</b>	<b>951.82</b>	<b>1680.00</b>	<b>82.89</b>	<b>1178.89</b>
7.62	0.300	1362.00	67.20	955.75	1720.70	84.90	1207.45	2375.90	117.22	1667.22
10.16	0.400	1518.80	74.93	1065.78	1905.20	94.00	1336.92	2696.70	133.05	1892.34
12.7	0.500	1605.00	79.19	1126.27	2004.30	98.89	1406.46	2848.60	140.54	1998.93

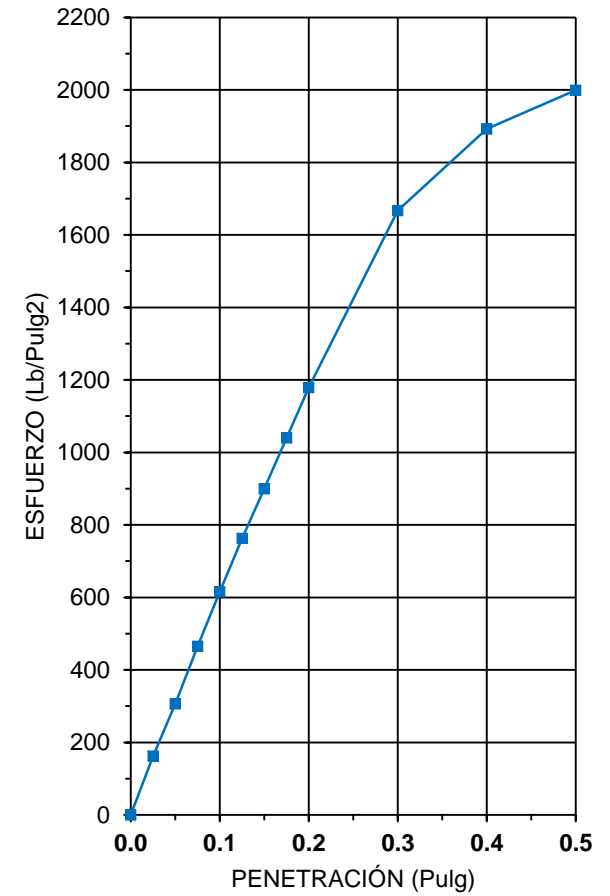
CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN  
(13 GOLPES)



CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN  
(27 GOLPES)

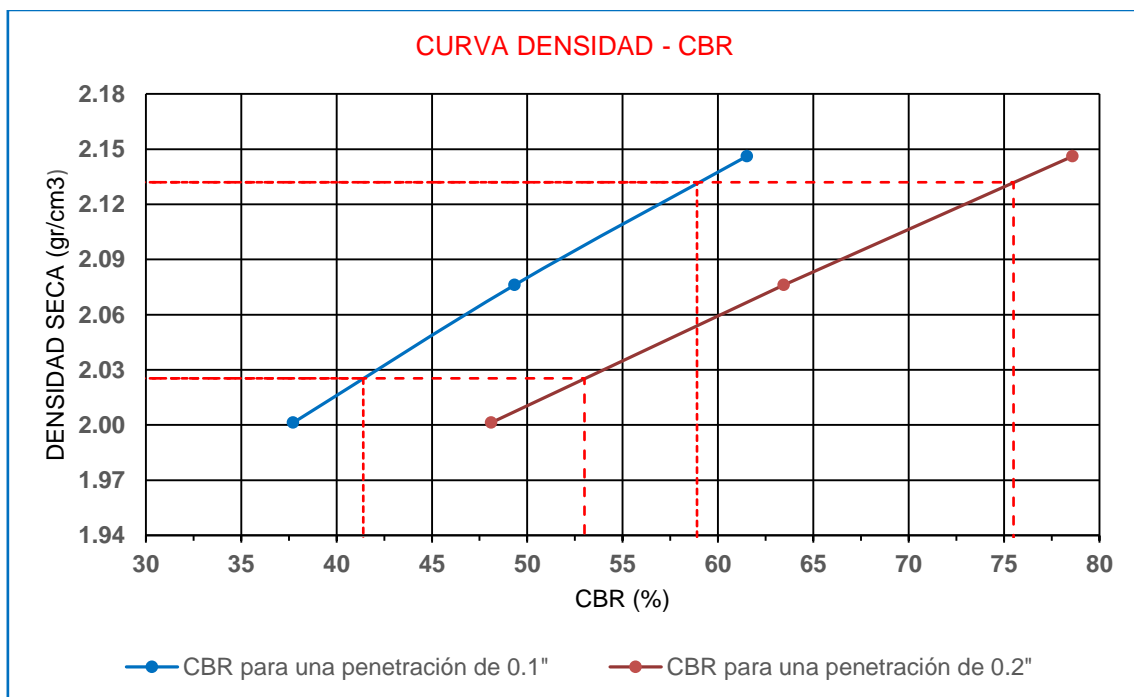


CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN  
(56 GOLPES)



Valores del CBR para penetraciones de 0.1" y 0.2", muestra N° 02, mezcla de materiales 80% de la cantera El Guitarrero y 20% de piedra chancada del Río Chonta.

VALORES DEL CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.1"			VALORES DEL CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.2"		
ESFUERZO	CBR	DENSIDAD SECA	ESFUERZO	CBR	DENSIDAD SECA
Lb/Pulg2	%	g/cm3	Lb/Pulg2	%	g/cm3
377.25	37.72	2.00	721.58	48.11	2.00
493.45	49.35	2.08	951.82	63.45	2.08
615.20	61.52	2.15	1178.89	78.59	2.15



Del gráfico determinamos los valores del CBR al 100% y 95% de la densidad máxima seca para penetraciones de 0.1" y 0.2" respectivamente:

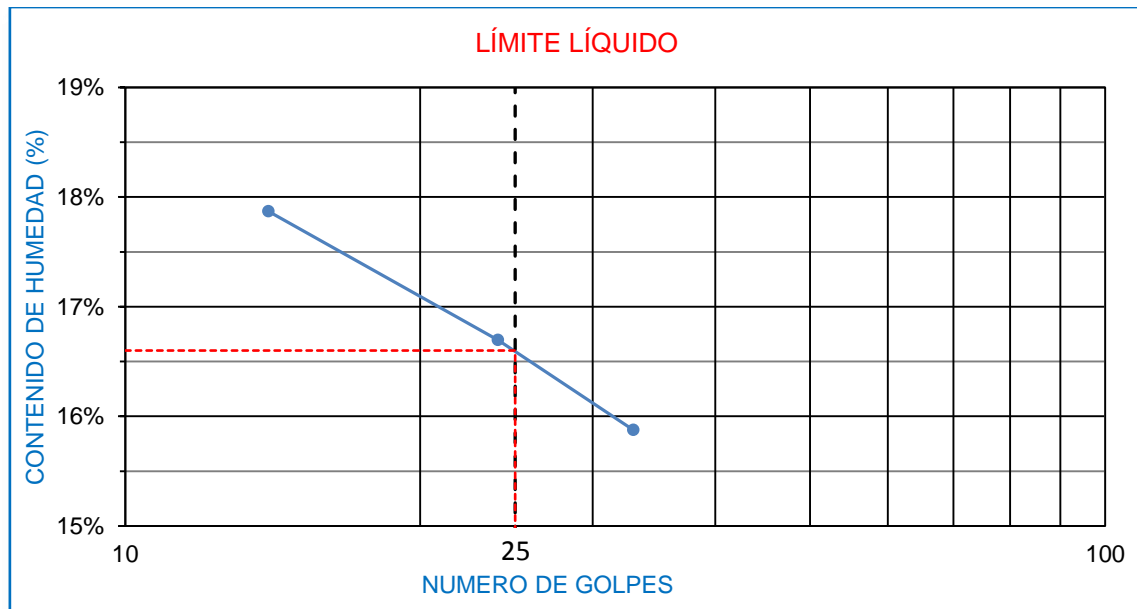
C.B.R. para una penetración de 0.1" al 100% de la densidad máxima seca	58.90%
C.B.R. para una penetración de 0.1" al 95% de la densidad máxima seca	41.40%
C.B.R. para una penetración de 0.2" al 100% de la densidad máxima seca	75.50%
C.B.R. para una penetración de 0.2" al 95% de la densidad máxima seca	53.00%

**MUESTRA N°03: MEZCLA DE MATERIALES 80% DE LA CANTERA EL GUITARRERO Y 20% DE PIEDRA CHANCADA DEL RÍO CHONTA**

**ENSAYO:** Límites de Atterberg, muestra N° 03, mezcla de materiales 80% de la cantera el guitarrero y 20% de piedra chancada del río chonta.

LÍMITE LÍQUIDO			
TARA N°	1	2	3
Wt + M. Húmeda (g)	<b>38.37</b>	<b>40.44</b>	<b>38.32</b>
Wt + M. Seca (g)	<b>36.71</b>	<b>38.45</b>	<b>36.95</b>
W tara (g)	<b>27.42</b>	<b>26.53</b>	<b>28.32</b>
W agua (g)	1.66	1.99	1.37
W M. Seca(g)	9.29	11.92	8.63
W (%)	17.87%	16.69%	15.87%
N° GOLPES	<b>14</b>	<b>24</b>	<b>33</b>

LÍMITE PLÁSTICO			
TARA N°	1	2	PROM.
Wt + M. Húmeda (g)			
Wt + M. Seca (g)			
W tara (g)			
W agua (g)			
W M. Seca (g)			
W (%)			NP



Determinamos los límites de Atterberg:

**Límite líquido: 17%**

**Límite plástico: NP**

**Índice plástico: NP**



**ENSAYO:** Pactor Modificado, muestra N°03, mezcla de materiales 80% de la cantera El Guitarrero con 20% de piedra chancada del Río Chonta.

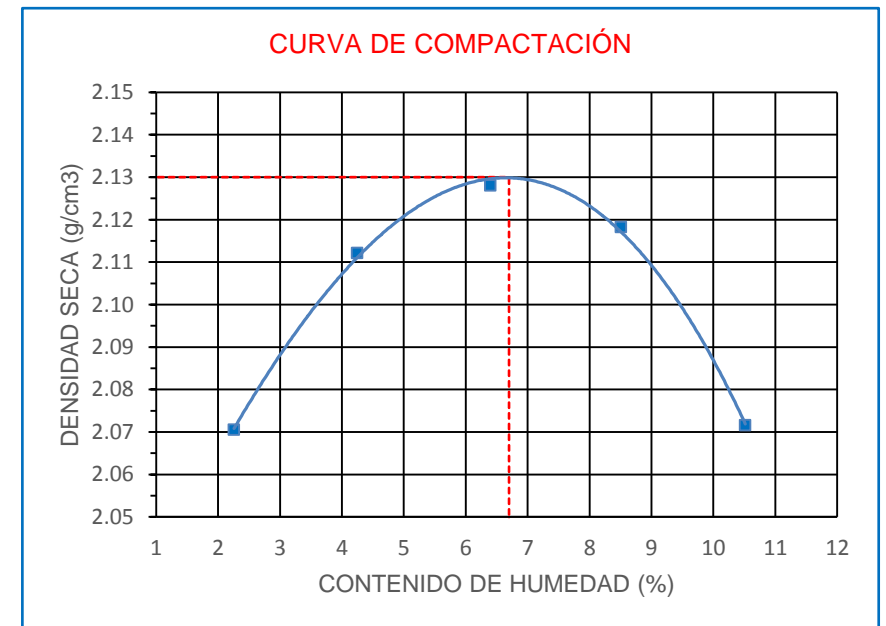
DENSIDAD	NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	5
	N° de capas	5	5	5	5	5
	N° de golpes por capa	56	56	56	56	56
	W Húmedo + W Molde (g)	11006	11194	11333	11409	11389
	W del molde (g)	6295	6295	6295	6295	6295
	W Húmedo (g)	4711	4899	5038	5114	5094
	volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2225	2225	2225	2225	2225
	<b>Densidad Húmeda (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.117</b>	<b>2.202</b>	<b>2.264</b>	<b>2.298</b>	<b>2.289</b>

METODO DE ENSAYO:	<b>C</b>
DIAMETRO DEL MOLDE:	6"
ENERGÍA DE COMPACTACIÓN:	30.75 Kg-cm/cm <sup>3</sup>
N° CAPAS	5
N° DE GOLPES	56
PESO DEL PISÓN (Kg)	4.418
ALTURADE CAIDA DEL PISÓN (cm)	55.3
VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> )	2225

HUMEDAD	ENSAYO	1		2		3		4		5	
	W M. Húmeda + W Tara (g)	488	456	638	426	877	815	968	733	664	605
	W M. Seca + W Tara (g)	479	448	616	412	834	775	903	686	614	557
	W Tara (g)	87	88	103	79	157	155	134	137	135	104
	W Agua (g)	9	8	22	14	43	40	65	47	50	48
	W Muestra Seca (g)	392	360	513	333	677	620	769	549	479	453
	Contenido de Humedad (%)	2.30	2.22	4.29	4.20	6.35	6.45	8.45	8.56	10.44	10.60
	<b>C. de Humedad (%) Prom.</b>	<b>2.26</b>	<b>4.25</b>	<b>6.40</b>	<b>8.51</b>	<b>10.52</b>					
<b>Densidad seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.071</b>	<b>2.112</b>	<b>2.128</b>	<b>2.118</b>	<b>2.072</b>						

Determinamos la densidad máxima seca y el óptimo contenido de humedad:

**Densidad seca máxima: 2.13 g/cm<sup>3</sup>**  
**Contenido óptimo de humedad: 6.70 %**



**ENSAYO:** Ensayo California Bearing Ratio (CBR), muestra N° 03, mezcla de materiales 80% de la cantera El Guitarrero y 20% de piedra chancada del Río Chonta.

<b>COMPACTACIÓN CBR</b>										
N° Golpes por capa	13			27			56			
N° Capas	5			5			5			
Altura de molde (mm)	126			126			126			
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>	<b>ANTES DE SATURAR</b>		<b>DESPUES SATURAR</b>		<b>ANTES DE SATURAR</b>		<b>DESPUES SATURAR</b>		<b>ANTES DE SATURAR</b>	
W Húmedo + W Molde (g)	12728		12779		11779		11829		13123	
W Molde (g)	7807		7807		6625		6625		7772	
Volumen del Molde (cm3)	2308		2308		2324		2324		2328	
W Húmedo (g)	4921		4972		5154		5204		5351	
Densidad Húmeda (g/cm3)	2.132		2.154		2.218		2.239		2.299	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>										
<b>TARA N°</b>	<b>12-A</b>	<b>12-B</b>	<b>12-C</b>	<b>25-A</b>	<b>25-B</b>	<b>25-C</b>	<b>56-A</b>	<b>56-B</b>	<b>56-C</b>	
W Tara + Muestra Húmeda (g)	688	766	922	767	843	636	894	1389	1345	
W Tara + Muestra Seca (g)	655	726	875	727	800	598	846	1350	1304	
W tara (g)	155	135	264	134	157	103	137	779	769	
W agua (g)	33	40	47	40	43	38	48	39	41	
W Muestra Seca(g)	500	591	611	593	643	495	709	571	535	
<b>Contenido de Humedad (%)</b>	<b>6.60</b>	<b>6.77</b>	<b>7.69</b>	<b>6.75</b>	<b>6.69</b>	<b>7.68</b>	<b>6.77</b>	<b>6.83</b>	<b>7.66</b>	
<b>C. Humedad Promedio (%)</b>	<b>6.68</b>		<b>7.69</b>	<b>6.72</b>		<b>7.68</b>	<b>6.80</b>		<b>7.66</b>	
<b>Densidad seca (g/cm3)</b>	<b>1.999</b>		<b>2.000</b>	<b>2.078</b>		<b>2.080</b>	<b>2.152</b>		<b>2.151</b>	
<b>ENSAYO DE EXPANSIÓN</b>										
<b>TIEMPO ACUMULADO</b>		<b>PRESIÓN 13 GOLPES</b>			<b>PRESIÓN 27 GOLPES</b>			<b>PRESIÓN 56 GOLPES</b>		
		<b>LECTURA</b>	<b>EXPANSIÓN</b>		<b>LECTURA</b>	<b>EXPANSIÓN</b>		<b>LECTURA</b>	<b>EXPANSIÓN</b>	
<b>HORAS</b>	<b>DIAS</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>
0	0	NO EXPASIVO								
21	1									
48	2									
72	3									
96	4									

(...Va)

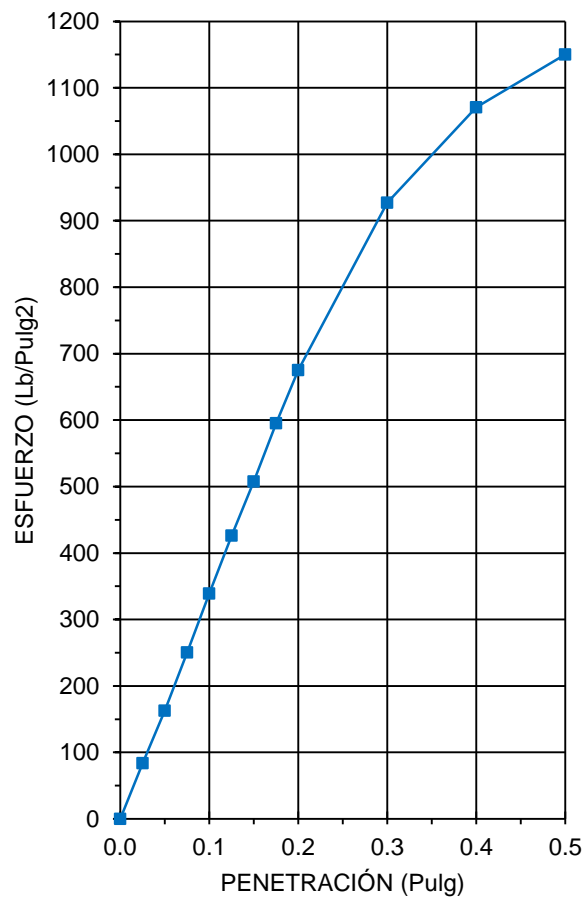
(Viene...)

**ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN**

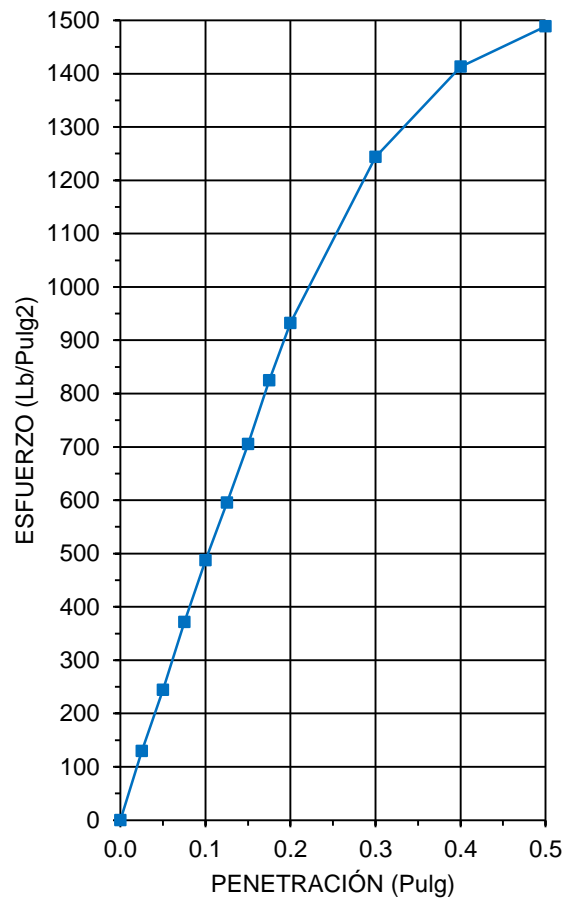
PENETRACIÓN		PRESIÓN		AREA DEL PISTÓN
mm	Pulg.	Kg/cm2	Lb/pulg2	cm2
2.54	0.10	70.31	1000	<b>20.27</b>
5.08	0.20	105.46	1500	

PENETRACIÓN		PRESIÓN 13 GOLPES			PRESIÓN 27 GOLPES			PRESIÓN 56 GOLPES		
mm	pulg.	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
		Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2	Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2	Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2
0	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	119.40	5.89	83.79	184.40	9.10	129.40	232.30	11.46	163.01
1.27	0.050	232.20	11.46	162.94	348.10	17.17	244.27	442.60	21.84	310.58
1.91	0.075	356.80	17.60	250.37	529.40	26.12	371.49	642.90	31.72	451.14
<b>2.54</b>	<b>0.100</b>	<b>483.50</b>	<b>23.85</b>	<b>339.28</b>	<b>694.60</b>	<b>34.27</b>	<b>487.42</b>	<b>874.80</b>	<b>43.16</b>	<b>613.87</b>
3.18	0.125	607.80	29.99	426.51	848.10	41.84	595.13	1095.50	54.05	768.74
3.81	0.150	723.40	35.69	507.63	1005.20	49.59	705.37	1291.70	63.73	906.42
4.45	0.175	848.30	41.85	595.27	1174.80	57.96	824.38	1481.30	73.08	1039.46
<b>5.08</b>	<b>0.200</b>	<b>962.50</b>	<b>47.49</b>	<b>675.41</b>	<b>1328.00</b>	<b>65.52</b>	<b>931.89</b>	<b>1685.90</b>	<b>83.18</b>	<b>1183.03</b>
7.62	0.300	1321.10	65.18	927.05	1772.40	87.45	1243.73	2294.20	113.19	1609.89
10.16	0.400	1525.90	75.29	1070.76	2013.60	99.35	1412.99	2567.60	126.68	1801.74
12.7	0.500	1639.20	80.88	1150.26	2121.20	104.66	1488.49	2703.70	133.40	1897.25

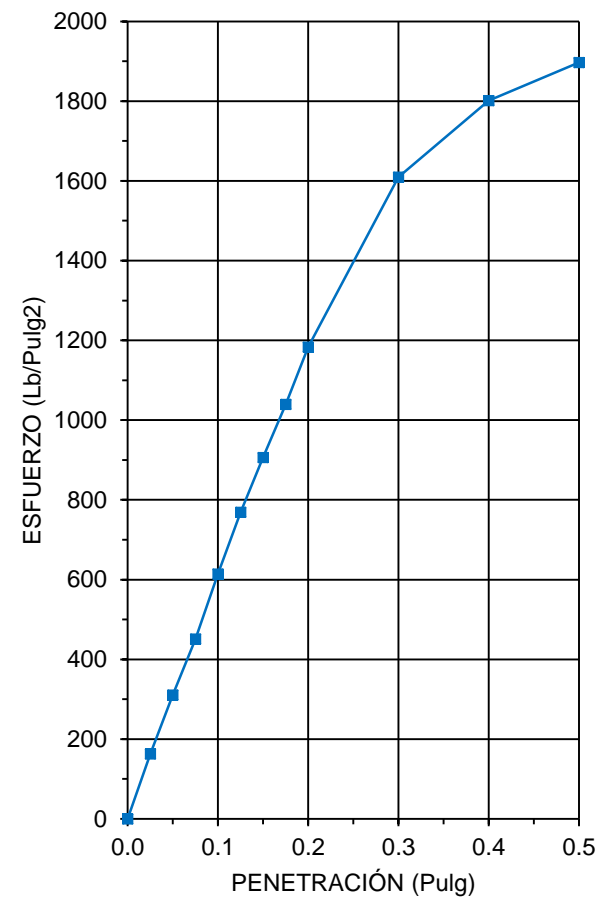
CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN  
(13 GOLPES)



CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN  
(27 GOLPES)

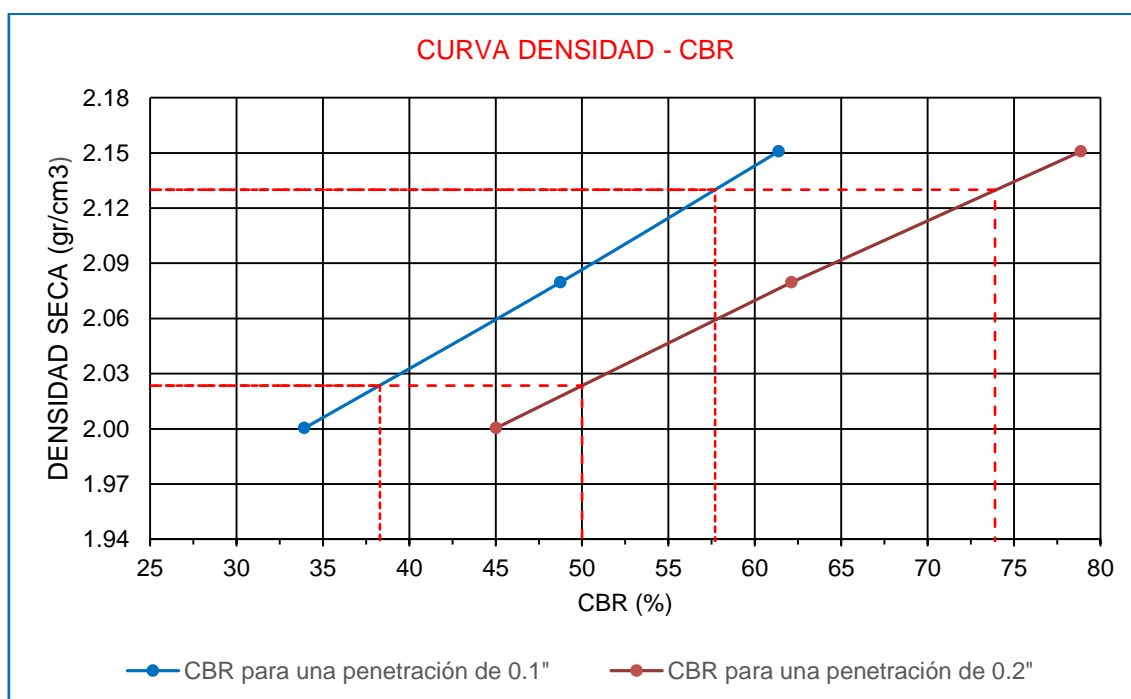


CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN  
(56 GOLPES)



Valores del CBR para penetraciones de 0.1" y 0.2", muestra N° 03, mezcla de materiales 80% de la cantera El Guitarrero y 20% de piedra chancada del Río Chonta.

N° DE GOLPES	VALORES DEL CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.1"			VALORES DEL CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.2"		
	ESFUERZO	CBR	DENSIDAD SECA	ESFUERZO	CBR	DENSIDAD SECA
	Lb/Pulg2	%	g/cm3	Lb/Pulg2	%	g/cm3
PRESIÓN 13 GOLPES	339.28	33.93	2.000	675.41	45.03	2.000
PRESIÓN 27 GOLPES	487.42	48.74	2.080	931.89	62.13	2.080
PRESIÓN 56 GOLPES	613.87	61.39	2.151	1183.03	78.87	2.151



Del gráfico determinamos los valores del CBR al 100% y 95% de la densidad máxima seca para penetraciones de 0.1" y 0.2" respectivamente:

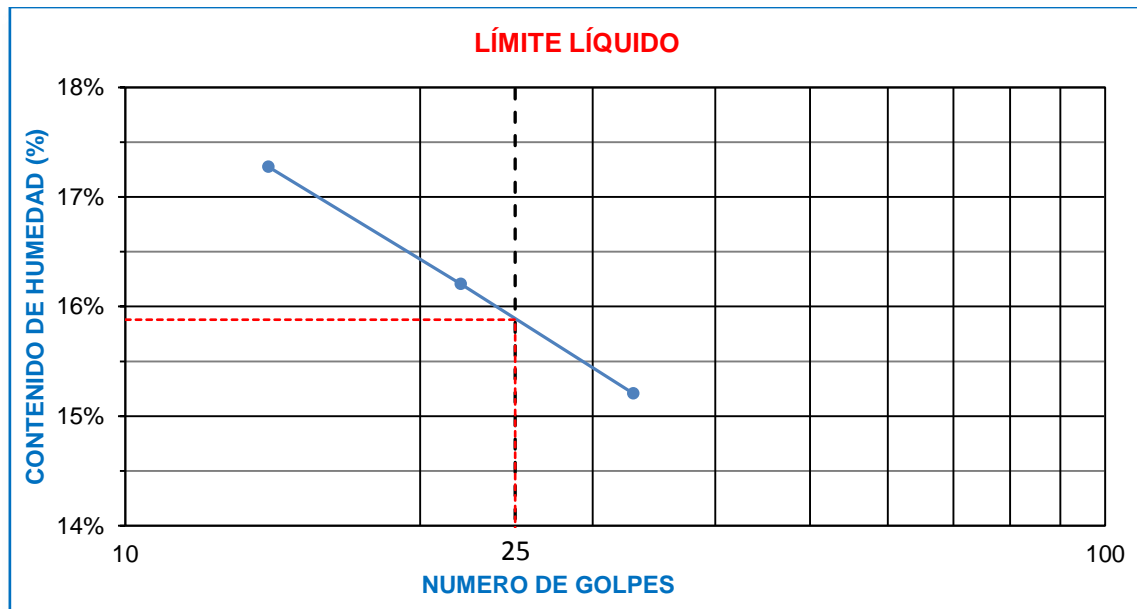
C.B.R. para una penetración de 0.1" al 100% de la densidad máxima seca	57.70%
C.B.R. para una penetración de 0.1" al 95% de la densidad máxima seca	38.30%
C.B.R. para una penetración de 0.2" al 100% de la densidad máxima seca	73.90%
C.B.R. para una penetración de 0.2" al 95% de la densidad máxima seca	50.00%

**MUESTRA N°04: MEZCLA DE MATERIALES 80% DE LA CANTERA EL GUITARRERO Y 20% DE PIEDRA CHANCADA DEL RÍO CHONTA**

**ENSAYO:** Límites de Atterberg, muestra N° 04, mezcla de materiales 80% de la cantera el guitarrero y 20% de piedra chancada del río chonta.

LÍMITE LÍQUIDO			
TARA N°	1	2	3
Wt+M. Húmeda (g)	<b>38.24</b>	<b>40.32</b>	<b>38.36</b>
Wt+M. Seca (g)	<b>36.63</b>	<b>38.39</b>	<b>37.04</b>
W tara (g)	<b>27.31</b>	<b>26.48</b>	<b>28.36</b>
W agua (g)	1.61	1.93	1.32
W M. Seca(g)	9.32	11.91	8.68
W (%)	17.27%	16.20%	15.21%
N° GOLPES	<b>14</b>	<b>22</b>	<b>33</b>

LÍMITE PLÁSTICO			
TARA N°	1	2	PROM.
Wt+M. Húmeda (g)			
Wt+M. Seca (g)			
W tara (g)			
W agua (g)			
W M. Seca (g)			
W (%)			NP



Determinamos los límites de Atterberg:

**Límite líquido: 17%**

**Límite plástico: NP**

**Índice plástico: NP**

**ENSAYO:** Pactor Modificado, muestra N°04, mezcla de materiales 80% de la cantera El Guitarrero con 20% de piedra chancada del Río Chonta.

DENSIDAD	NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	5
	N° de capas	5	5	5	5	5
	N° de golpes por capa	56	56	56	56	56
	W Húmedo + W Molde (g)	10983	11202	11341	11393	11359
	W del molde (g)	6295	6295	6295	6295	6295
	W Húmedo (g)	4688	4907	5046	5098	5064
	volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2225	2225	2225	2225	2225
	<b>Densidad Húmeda (g/cm<sup>3</sup>)</b>	2.107	2.205	2.268	2.291	2.276

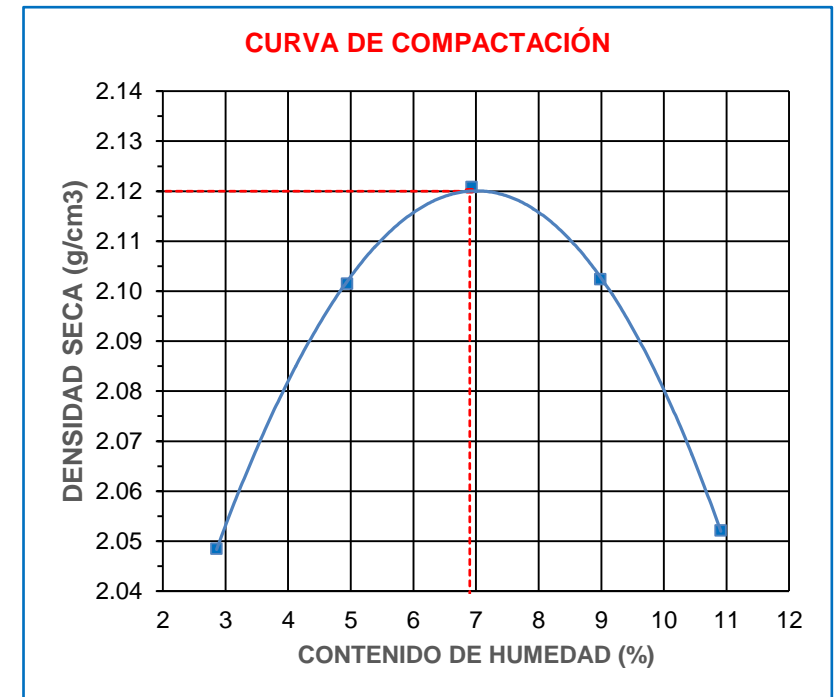
METODO DE ENSAYO:	<b>C</b>
DIAMETRO DEL MOLDE:	6"
ENERGÍA DE COMPACTACIÓN:	30.75 Kg-cm/cm <sup>3</sup>
N° CAPAS	5
N° DE GOLPES	56
PESO DEL PISÓN (Kg)	4.418
ALTURADE CAIDA DEL PISÓN (cm)	55.3
VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> )	2225

HUMEDAD	ENSAYO	1		2		3		4		5	
	W M. Húmeda + W Tara (g)	741	563	536	812	619	492	522	455	803	421
	W M. Seca + W Tara (g)	723	550	514	779	585	466	486	423	733	387
	W Tara (g)	102	88	72	107	92	93	84	68	94	74
	W Agua (g)	18	13	22	33	34	26	36	32	70	34
	W Muestra Seca (g)	621	462	442	672	493	373	402	355	639	313
	Contenido de Humedad (%)	2.90	2.81	4.98	4.91	6.90	6.97	8.96	9.01	10.95	10.86
	<b>C. de Humedad (%) Prom.</b>	<b>2.86</b>	<b>2.86</b>	<b>4.94</b>	<b>4.94</b>	<b>6.93</b>	<b>6.93</b>	<b>8.98</b>	<b>8.98</b>	<b>10.91</b>	<b>10.91</b>
<b>Densidad seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.048</b>	<b>2.048</b>	<b>2.101</b>	<b>2.101</b>	<b>2.121</b>	<b>2.121</b>	<b>2.102</b>	<b>2.102</b>	<b>2.052</b>	<b>2.052</b>	

Determinamos la densidad máxima seca y el óptimo contenido de humedad:

**Densidad seca máxima: 2.12 g/cm<sup>3</sup>**

**Contenido óptimo de humedad: 6.90 %**



**ENSAYO:** Ensayo California Bearing Ratio (CBR), muestra N° 04, mezcla de materiales 80% de la cantera El Guitarrero y 20% de piedra chancada del Río Chonta.

<b>COMPACTACIÓN CBR</b>										
N° Golpes por capa	13			27			56			
N° Capas	5			5			5			
Altura de molde (mm)	126			126			126			
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>	<b>ANTES DE SATURAR</b>		<b>DESPUES SATURAR</b>	<b>ANTES DE SATURAR</b>		<b>DESPUES SATURAR</b>	<b>ANTES DE SATURAR</b>		<b>DESPUES SATURAR</b>	
W Húmedo + W Molde (g)	12724		12775	11791		11842	13100		13152	
W Molde (g)	7807		7807	6625		6625	7772		7772	
Volumen del Molde (cm3)	2308		2308	2324		2324	2328		2328	
W Húmedo (g)	4917		4968	5166		5217	5328		5380	
Densidad Húmeda (g/cm3)	2.130		2.153	2.223		2.245	2.289		2.311	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>										
<b>TARA N°</b>	<b>12-A</b>	<b>12-B</b>	<b>12-C</b>	<b>25-A</b>	<b>25-B</b>	<b>25-C</b>	<b>56-A</b>	<b>56-B</b>	<b>56-C</b>	
W Tara + Muestra Húmeda (g)	567	641	728	533	864	786	832	635	497	
W Tara + Muestra Seca (g)	536	606	682	504	816	737	787	600	467	
W tara (g)	84	96	102	78	124	112	132	91	88	
W agua (g)	31	35	46	29	48	49	45	35	30	
W Muestra Seca(g)	452	510	580	426	692	625	655	509	379	
<b>Contenido de Humedad (%)</b>	<b>6.86</b>	<b>6.86</b>	<b>7.93</b>	<b>6.81</b>	<b>6.94</b>	<b>7.84</b>	<b>6.87</b>	<b>6.88</b>	<b>7.92</b>	
<b>C. Humedad Promedio (%)</b>	<b>6.86</b>		<b>7.93</b>	<b>6.87</b>		<b>7.84</b>	<b>6.87</b>		<b>7.92</b>	
<b>DENSIDAD SECA (g/cm3)</b>	<b>1.994</b>		<b>1.994</b>	<b>2.080</b>		<b>2.082</b>	<b>2.141</b>		<b>2.141</b>	
<b>ENSAYO DE EXPANSIÓN</b>										
<b>TIEMPO ACUMULADO</b>		<b>PRESIÓN 13 GOLPES</b>			<b>PRESIÓN 27 GOLPES</b>			<b>PRESIÓN 56 GOLPES</b>		
		<b>LECTURA</b>	<b>EXPANSIÓN</b>		<b>LECTURA</b>	<b>EXPANSIÓN</b>		<b>LECTURA</b>	<b>EXPANSIÓN</b>	
<b>HORAS</b>	<b>DIAS</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>
0	0	NO EXPANSIVO								
21	1									
48	2									
72	3									
96	4									



(...Va)

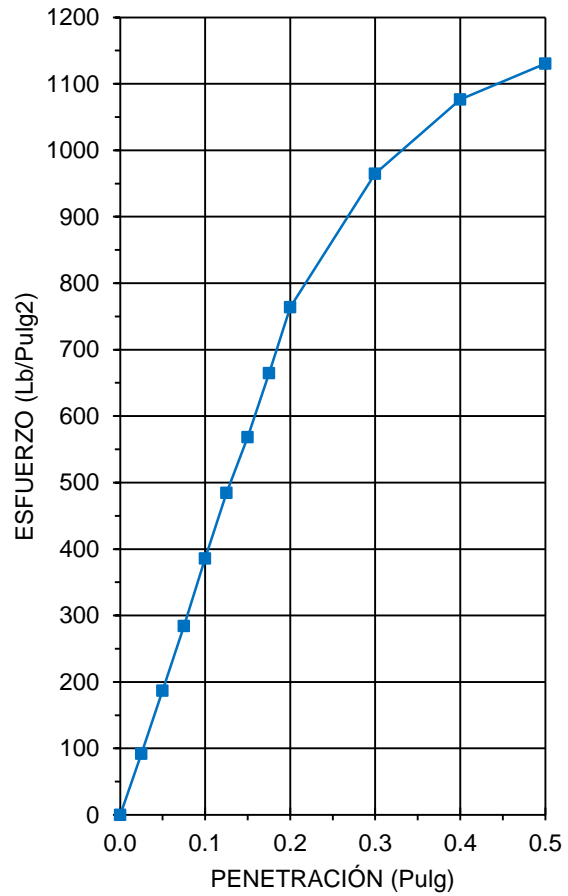
(Viene...)

**ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN**

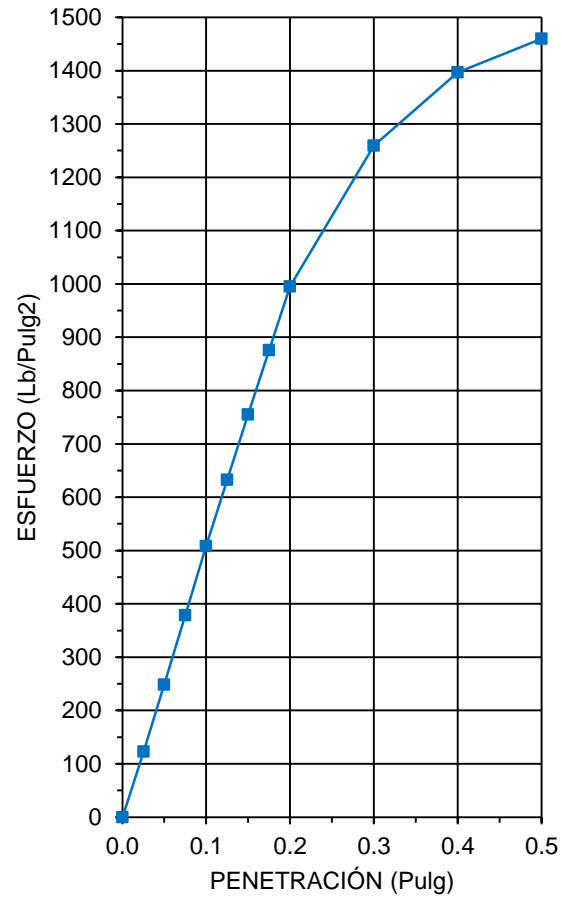
PENETRACIÓN		PRESIÓN		AREA DEL PISTÓN
mm	Pulg.	Kg/cm2	Lb/pulg2	cm2
2.54	0.10	70.31	1000	<b>20.27</b>
5.08	0.20	105.46	1500	

PENETRACIÓN		PRESIÓN 13 GOLPES			PRESIÓN 27 GOLPES			PRESIÓN 56 GOLPES		
mm	pulg.	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
		Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2	Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2	Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2
0	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	130.80	6.45	91.79	175.40	8.65	123.08	212.90	10.50	149.40
1.27	0.050	266.30	13.14	186.87	354.10	17.47	248.48	407.70	20.12	286.09
1.91	0.075	404.70	19.97	283.99	539.80	26.63	378.79	613.90	30.29	430.79
<b>2.54</b>	<b>0.100</b>	549.80	<b>27.13</b>	<b>385.81</b>	724.70	<b>35.76</b>	<b>508.54</b>	839.50	<b>41.42</b>	<b>589.10</b>
3.18	0.125	690.30	34.06	484.40	901.60	44.48	632.67	1058.90	52.24	743.05
3.81	0.150	809.90	39.96	568.33	1076.30	53.10	755.26	1269.70	62.64	890.98
4.45	0.175	947.20	46.73	664.67	1248.20	61.58	875.89	1473.60	72.70	1034.06
<b>5.08</b>	<b>0.200</b>	1088.50	<b>53.70</b>	<b>763.83</b>	1417.80	<b>69.95</b>	<b>994.90</b>	1659.50	<b>81.88</b>	<b>1164.51</b>
7.62	0.300	1374.90	67.83	964.80	1794.90	88.56	1259.52	2374.90	117.17	1666.52
10.16	0.400	1533.80	75.67	1076.30	1990.90	98.23	1397.06	2669.40	131.70	1873.18
12.7	0.500	1611.20	79.49	1130.62	2080.40	102.64	1459.86	2818.30	139.05	1977.67

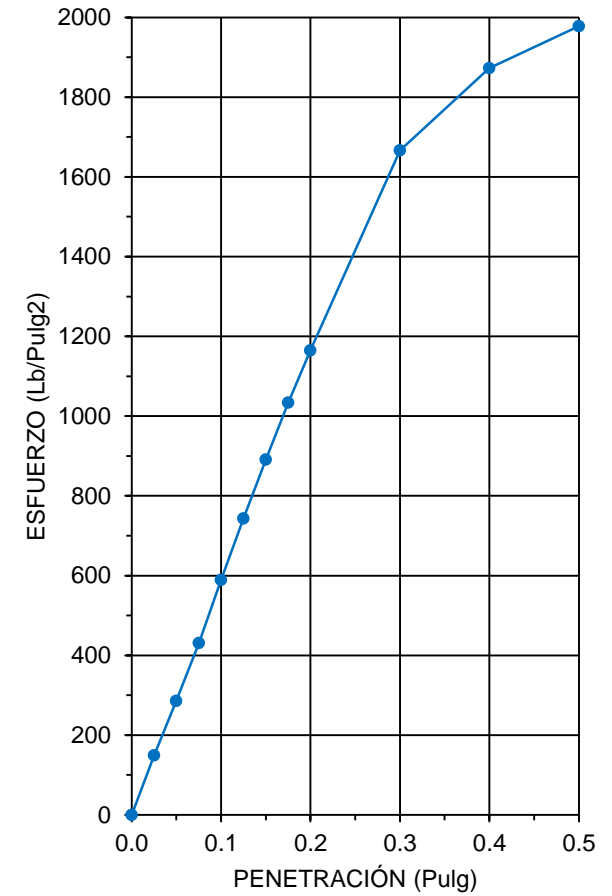
CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN  
(13 GOLPES)



CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN  
(27 GOLPES)

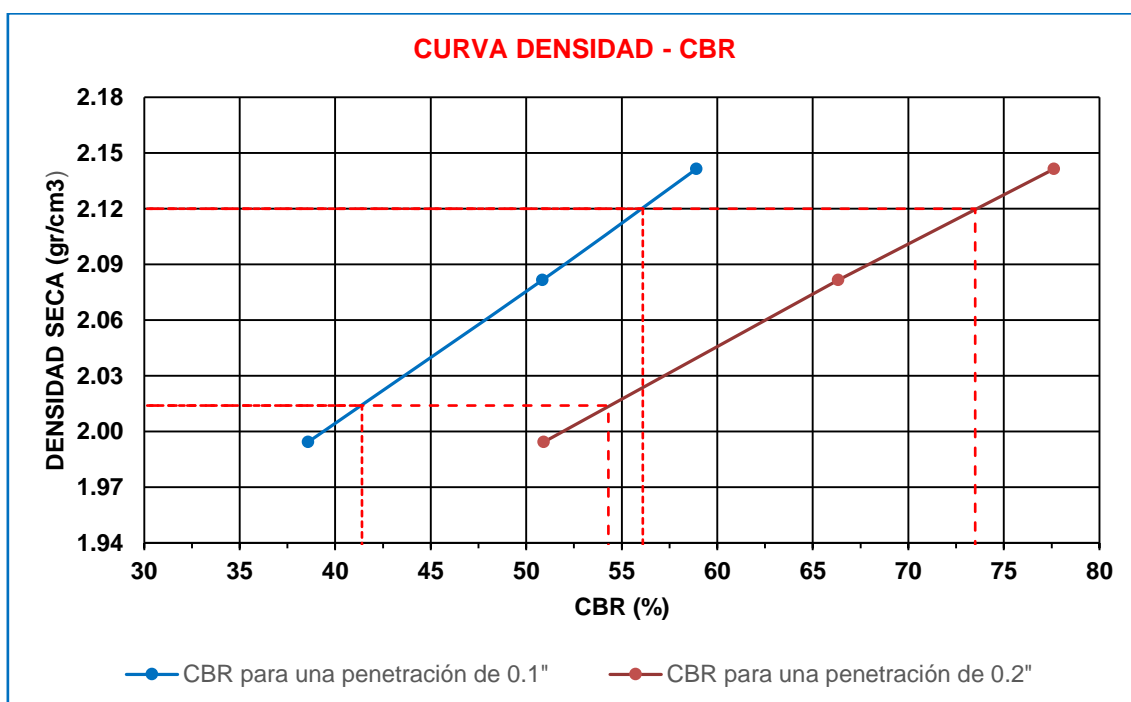


CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN  
(56 GOLPES)



Valores del CBR para penetraciones de 0.1" y 0.2", muestra N° 04, mezcla de materiales 80% de la cantera El Guitarrero y 20% de piedra chancada del Río Chonta.

N° DE GOLPES	VALORES DEL CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.1"			VALORES DEL CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.2"		
	ESFUERZO	CBR	DENSIDAD SECA	ESFUERZO	CBR	DENSIDAD SECA
	Lb/Pulg2	%	gr/cm3	Lb/Pulg2	%	gr/cm3
PRESIÓN 13 GOLPES	385.81	38.58	1.99	763.83	50.92	1.99
PRESIÓN 27 GOLPES	508.54	50.85	2.08	994.90	66.33	2.08
PRESIÓN 56 GOLPES	589.10	58.91	2.14	1164.51	77.63	2.14



Del gráfico determinamos los valores del CBR al 100% y 95% de la densidad máxima seca para penetraciones de 0.1" y 0.2" respectivamente:

C.B.R. para una penetración de 0.1" al 100% de la densidad máxima seca	56.10%
C.B.R. para una penetración de 0.1" al 95% de la densidad máxima seca	41.40%
C.B.R. para una penetración de 0.2" al 100% de la densidad máxima seca	73.50%
C.B.R. para una penetración de 0.2" al 95% de la densidad máxima seca	54.30%

**ENSAYO:** Abrasión por medio de la máquina de los Ángeles de la mezcla de materiales 80% de la cantera El Guitarrero y 20% de piedra chancada del Río Chonta.

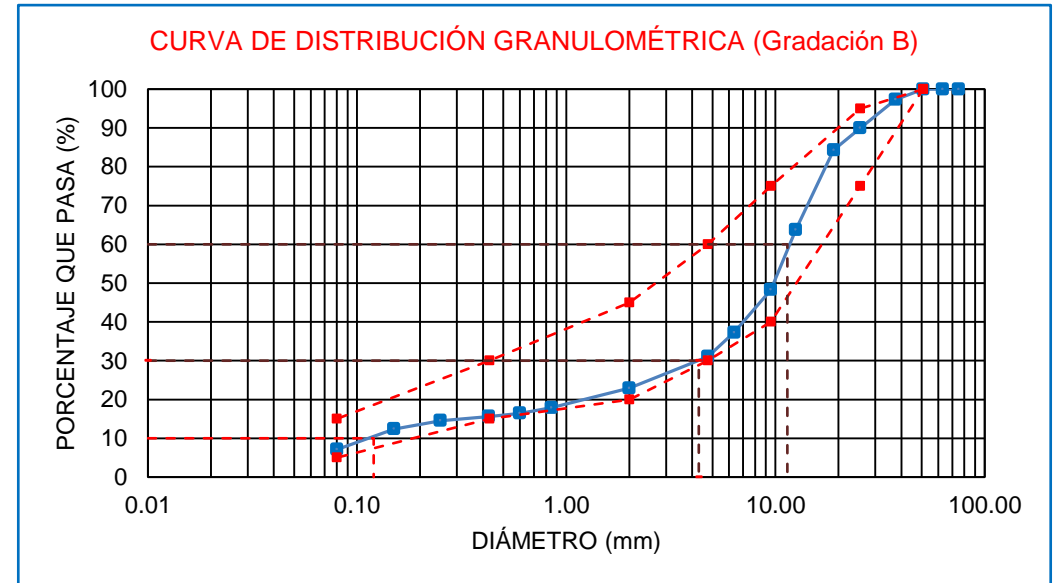
TAMAÑO MÁXIMO						1"			
GRADACIÓN						B			
N° DE ESFERAS						11			
N° DE REVOLUCIONES						500			
Medida de tamiz (abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g				PESO REAL (g)			
Que pasa	Retenido sobre	gradación				M-1	M-2	M-3	M-4
		A	B	C	D				
37,5 mm (1 1/2")	25.0 mm (1")	1250 ± 25	--	--	--				
25,0 mm (1 ")	19,0 mm (3/4")	1250 ± 25	--	--	--				
19,0 mm (3/4")	12,5 mm (1/2")	1250 ± 10	2500 ± 10	--	--	2500	2502	2499	2500
12,5 mm (1/2")	9,5 mm (3/8")	1250 ± 10	2500 ± 10	--	--	2501	2498	2503	2499
9,5 mm (3/8")	6,3 mm (1/4")	--	--	2500 ± 10	--				
6,3 mm (1/4")	4,75 mm (N°4)	--	--	2500 ± 10	--				
4,75 mm (N°4)	2,36 mm (N°8)	--	--		5000				
TOTAL		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5001	5000	5002	4999
PESO RETENIDO EN LA MALLA N° 12						2712	2701	2682	2683
% DE DESGASTE						45.77	45.98	46.38	46.33
% PROMEDIO						46.12			

**PROPIEDADES FISICO MECANICAS MEZCLA DE MATERIALES 70% DE LA CANTERA EL GUITARRERO Y 30% DE PIEDRA CHANCADA DEL RÍO CHONTA**

**ENSAYO:** Análisis granulométrico, mezcla de materiales 70% de la cantera El Guitarrero y 30% de piedra chancada del Río Chonta.

Peso seco total de la muestra: 10000 g.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
TAMIZ		PESO RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUM.	% QUE PASA
Nº	ABERTURA (mm)				
3"	75.00	0	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.00	0	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0	0.00	0.00	100.00
1 ½"	37.50	272	2.72	2.72	97.28
1"	25.40	731	7.31	10.03	89.97
¾"	19.00	568	5.68	15.71	84.29
½"	12.50	2054	20.54	36.25	63.75
⅜"	9.50	1547	15.47	51.72	48.28
¼"	6.35	1102	11.02	62.74	37.26
Nº4	4.75	623	6.23	68.97	<b>31.03</b>
N 10	2.00	812	8.12	77.09	<b>22.91</b>
N 20	0.85	502	5.02	82.11	17.89
N 30	0.60	144	1.44	83.55	16.45
N 40	0.43	84	0.84	84.39	<b>15.61</b>
N 60	0.25	106	1.06	85.45	14.55
N 100	0.15	218	2.18	87.63	12.37
N 200	0.08	528	5.28	92.91	<b>7.09</b>
CAZOLETA	--	709.00	7.09	100.00	<b>0.00</b>
TOTAL		10000			



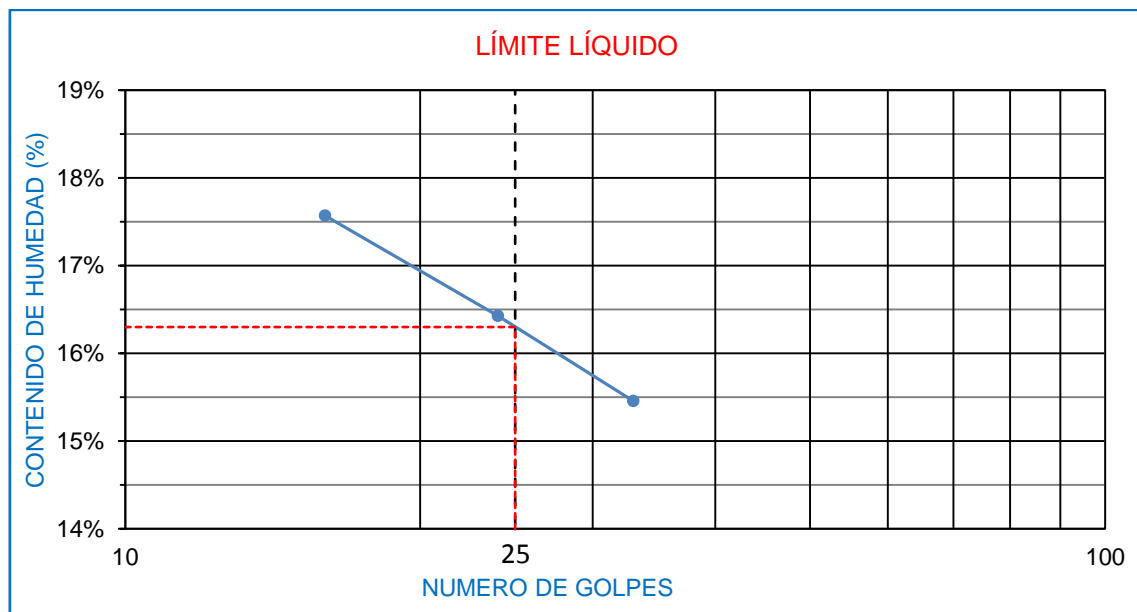
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Y COEFICIENTE DE CURVATURA		
D10= 0.12	D30= 4.3	D60= 11.4
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD (Cu)		COEFICIENTE DE CURVATURA (Cc)
95.00		13.52
CLASIFICACION AASHTO:		A-1a(0)
CLASIFICACION SUCS:		GP-GM

**MUESTRA 01: MEZCLA DE MATERIALES 70% DE LA CANTERA EL GUITARRERO Y 30% DE PIEDRA CHANCADA DEL RÍO CHONTA**

**ENSAYO:** Límites de Atterberg, muestra N° 01, mezcla de materiales 70% de la cantera el guitarrero y 30% de piedra chancada del río chonta.

LÍMITE LÍQUIDO			
TARA N°	1	2	3
Wt + M. Húmeda (g)	<b>44.32</b>	<b>41.44</b>	<b>45.26</b>
Wt + M. Seca (g)	<b>41.86</b>	<b>39.49</b>	<b>42.62</b>
W tara (g)	<b>27.86</b>	<b>27.62</b>	<b>25.54</b>
W agua (g)	2.46	1.95	2.64
W M. Seca(g)	14.00	11.87	17.08
W (%)	17.57%	16.43%	15.46%
N° GOLPES	<b>16</b>	<b>24</b>	<b>33</b>

LÍMITE PLÁSTICO			
TARA N°	1	2	PROM.
Wt + M. Húmeda (g)			
Wt + M. Seca (g)			
W tara (g)			
W agua (g)			
W M. Seca (g)			
W (%)			NP



Determinamos los límites de Atterberg:

**Límite líquido: 16%**

**Límite plástico: NP**

**Índice plástico: NP**

**ENSAYO:** Pactor Modificado, muestra N°01, mezcla de materiales 70% de la cantera El Guitarrero y 30% de piedra chancada del Río Chonta.

DENSIDAD	NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	5
	N° de capas	5	5	5	5	5
	N° de golpes por capa	56	56	56	56	56
	W Húmedo + W Molde (g)	11044	11226	11351	11413	11408
	W del molde (g)	6295	6295	6295	6295	6295
	W Húmedo (g)	4749	4931	5056	5118	5113
	volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2225	2225	2225	2225	2225
	<b>Densidad Húmeda (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.134</b>	<b>2.216</b>	<b>2.272</b>	<b>2.300</b>	<b>2.298</b>

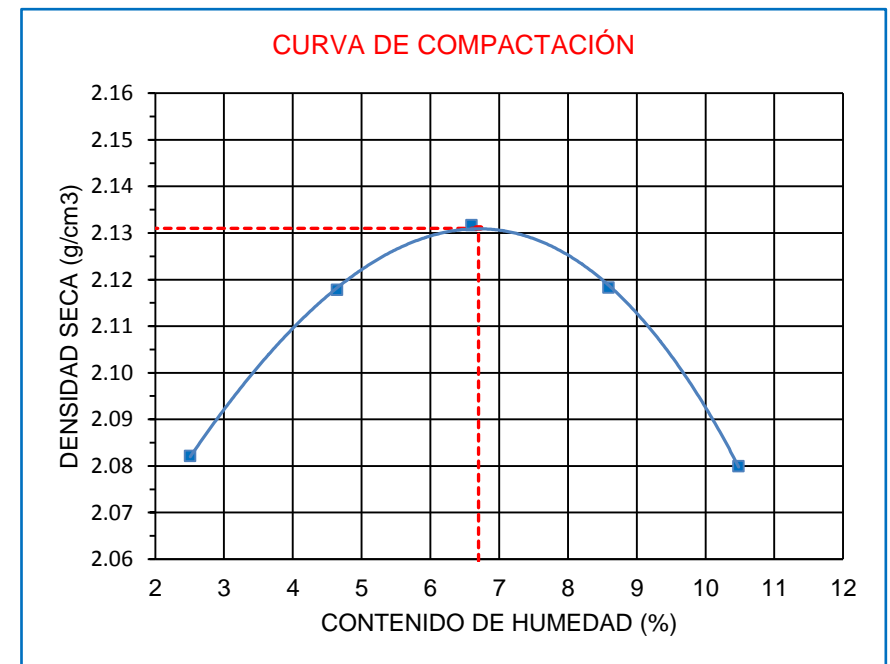
METODO DE ENSAYO:	<b>C</b>
DIAMETRO DEL MOLDE:	6"
ENERGÍA DE COMPACTACIÓN:	30.75 Kg-cm/cm <sup>3</sup>
N° CAPAS	5
N° DE GOLPES	56
PESO DEL PISÓN (Kg)	4.418
ALTURADE CAIDA DEL PISÓN (cm)	55.3
VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> )	2225

HUMEDAD	ENSAYO	1		2		3		4		5	
	W M. Húmeda + W Tara (g)	<b>896</b>	<b>625</b>	<b>892</b>	<b>766</b>	<b>1322</b>	<b>1454</b>	<b>514</b>	<b>645</b>	<b>981</b>	<b>1088</b>
	W M. Seca + W Tara (g)	<b>877</b>	<b>612</b>	<b>859</b>	<b>737</b>	<b>1289</b>	<b>1412</b>	<b>481</b>	<b>606</b>	<b>904</b>	<b>1035</b>
	W Tara (g)	<b>107</b>	<b>103</b>	<b>137</b>	<b>123</b>	<b>784</b>	<b>782</b>	<b>97</b>	<b>152</b>	<b>173</b>	<b>527</b>
	W Agua (g)	19	13	33	29	33	42	33	39	77	53
	W Muestra Seca (g)	770	509	722	614	505	630	384	454	731	508
	Contenido de Humedad (%)	2.47	2.55	4.57	4.72	6.53	6.67	8.59	8.59	10.53	10.43
	<b>C. de Humedad (%) Prom.</b>	<b>2.51</b>	<b>4.65</b>	<b>6.60</b>	<b>8.59</b>	<b>10.48</b>					
<b>Densidad seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.082</b>	<b>2.118</b>	<b>2.132</b>	<b>2.118</b>	<b>2.080</b>						

Determinamos la densidad máxima seca y el óptimo contenido de Humedad:

**Densidad seca máxima: 2.131 g/cm<sup>3</sup>**

**Contenido óptimo de humedad: 6.70 %**



**ENSAYO:** Ensayo California Bearing Ratio (CBR), muestra N° 01, mezcla de materiales 70% de la cantera El Guitarrero y 30% de piedra chancada del Río Chonta.

<b>COMPACTACIÓN</b>										
N° Golpes por capa	13			27			56			
N° Capas	5			5			5			
Altura de molde (mm)	126			126			126			
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>	<b>ANTES DE SATURAR</b>		<b>DESPUES SATURAR</b>		<b>ANTES DE SATURAR</b>		<b>DESPUES SATURAR</b>		<b>ANTES DE SATURAR</b>	
W Húmedo + W Molde (g)	12739		12787		11763		11816		13108	
W Molde (g)	7807		7807		6625		6625		7772	
Volumen del Molde (cm3)	2308		2308		2324		2324		2328	
W Húmedo (g)	4932		4980		5138		5191		5336	
Densidad Húmeda (g/cm3)	2.137		2.158		2.211		2.234		2.292	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>										
<b>TARA N°</b>	<b>12-A</b>	<b>12-B</b>	<b>12-C</b>	<b>25-A</b>	<b>25-B</b>	<b>25-C</b>	<b>56-A</b>	<b>56-B</b>	<b>56-C</b>	
W Tara + Muestra Húmeda (g)	496	544	591	668	572	729	783	1426	1302	
W Tara + Muestra Seca (g)	470	515	555	636	542	686	743	1386	1265	
W tara (g)	80	87	88	155	103	127	157	782	784	
W agua (g)	26	29	36	32	30	43	40	40	37	
W Muestra Seca(g)	390	428	467	481	439	559	586	604	481	
<b>Contenido de Humedad (%)</b>	<b>6.67</b>	<b>6.78</b>	<b>7.71</b>	<b>6.65</b>	<b>6.83</b>	<b>7.69</b>	<b>6.83</b>	<b>6.62</b>	<b>7.69</b>	
<b>C. Humedad Promedio (%)</b>	<b>6.72</b>		<b>7.71</b>	<b>6.74</b>		<b>7.69</b>	<b>6.72</b>		<b>7.69</b>	
<b>Densidad seca (g/cm3)</b>	<b>2.002</b>		<b>2.003</b>	<b>2.071</b>		<b>2.074</b>	<b>2.148</b>		<b>2.147</b>	
<b>ENSAYO DE EXPANSIÓN</b>										
<b>TIEMPO ACUMULADO</b>		<b>PRESIÓN 13 GOLPES</b>			<b>PRESIÓN 27 GOLPES</b>			<b>PRESIÓN 56 GOLPES</b>		
		<b>LECTURA</b>	<b>EXPANSIÓN</b>		<b>LECTURA</b>	<b>EXPANSIÓN</b>		<b>LECTURA</b>	<b>EXPANSIÓN</b>	
<b>HORAS</b>	<b>DIAS</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>
0	0	NO EXPANSIVO								
21	1									
48	2									
72	3									
96	4									



(Viene...)

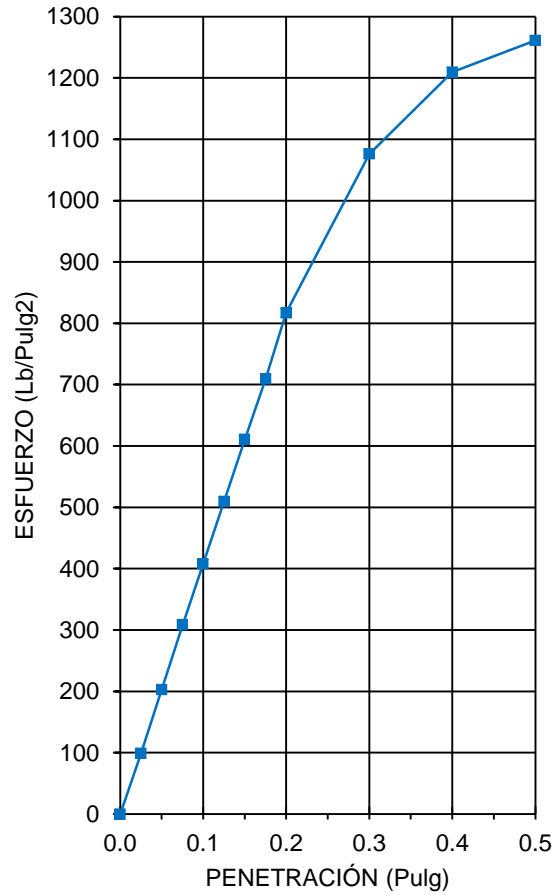
(... Va)

**ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN**

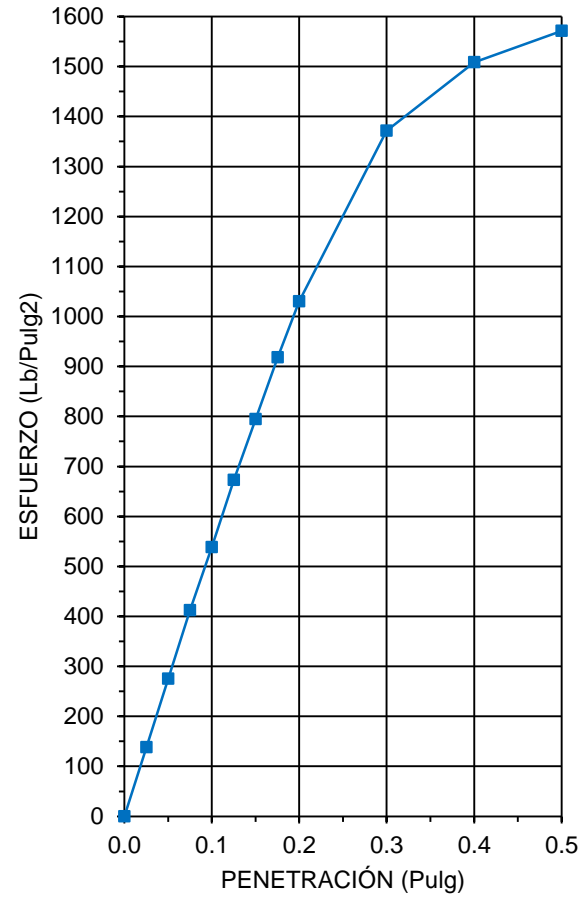
PENETRACIÓN		PRESIÓN		AREA DEL PISTÓN
mm	Pulg.	Kg/cm2	Lb/pulg2	cm2
2.54	0.10	70.31	1000	<b>20.27</b>
5.08	0.20	105.46	1500	

PENETRACIÓN		PRESIÓN 13 GOLPES			PRESIÓN 27 GOLPES			PRESIÓN 56 GOLPES		
mm	pulg.	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
		Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2	Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2	Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2
0	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	141.10	6.96	99.01	196.90	9.71	138.17	229.90	11.34	161.33
1.27	0.050	288.60	14.24	202.52	391.90	19.34	275.01	461.30	22.76	323.70
1.91	0.075	439.70	21.69	308.55	587.20	28.97	412.05	721.80	35.61	506.50
<b>2.54</b>	<b>0.100</b>	<b>581.50</b>	<b>28.69</b>	<b>408.05</b>	<b>766.90</b>	<b>37.84</b>	<b>538.15</b>	<b>951.80</b>	<b>46.96</b>	<b>667.90</b>
3.18	0.125	726.10	35.82	509.52	958.50	47.29	672.60	1181.90	58.31	829.37
3.81	0.150	870.20	42.93	610.64	1132.30	55.87	794.56	1398.60	69.00	981.43
4.45	0.175	1010.80	49.87	709.30	1308.00	64.53	917.85	1624.90	80.17	1140.23
<b>5.08</b>	<b>0.200</b>	<b>1164.40</b>	<b>57.45</b>	<b>817.09</b>	<b>1467.90</b>	<b>72.42</b>	<b>1030.06</b>	<b>1843.20</b>	<b>90.94</b>	<b>1293.42</b>
7.62	0.300	1533.50	75.66	1076.09	1954.50	96.43	1371.52	2557.80	126.20	1794.87
10.16	0.400	1723.40	85.03	1209.35	2149.30	106.04	1508.21	2858.70	141.04	2006.02
12.7	0.500	1797.00	88.66	1261.00	2239.50	110.49	1571.51	2996.50	147.84	2102.71

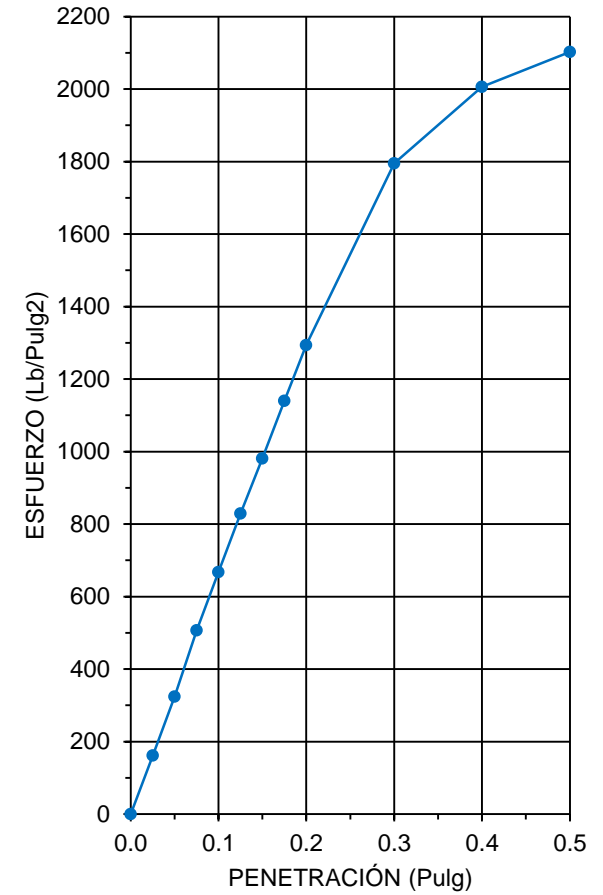
CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN  
(13 GOLPES)



CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN  
(27 GOLPES)

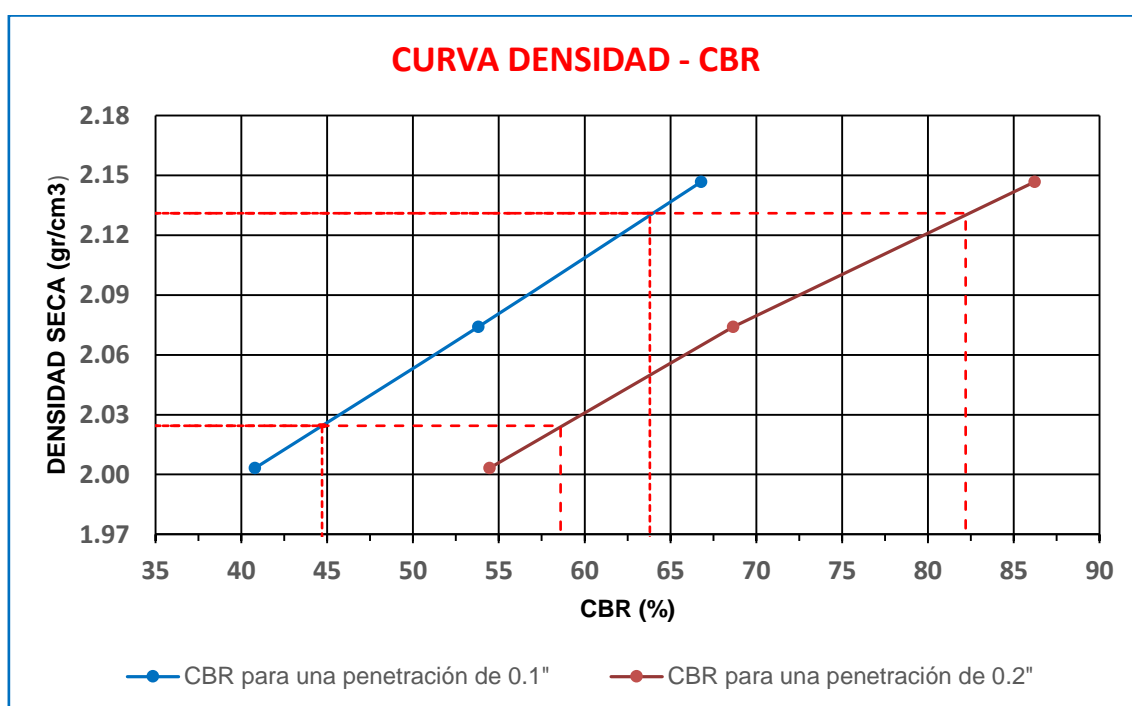


CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN  
(56 GOLPES)



Valores del CBR para penetraciones de 0.1" y 0.2", muestra N° 01, mezcla de materiales 70% de la cantera El Guitarrero y 30% de piedra chancada del Río Chonta.

N° DE GOLPES	VALORES DEL CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.1"			VALORES DEL CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.2"		
	ESFUERZO	CBR	DENSIDAD SECA	ESFUERZO	CBR	DENSIDAD SECA
	Lb/Pulg2	%	g/cm3	Lb/Pulg2	%	g/cm3
PRESIÓN 13 GOLPES	408.05	40.81	2.00	817.09	54.47	2.003
PRESIÓN 27 GOLPES	538.15	53.82	2.07	1030.06	68.67	2.074
PRESIÓN 56 GOLPES	667.90	66.79	2.15	1293.42	86.23	2.147



Del gráfico determinamos los valores del CBR al 100% y 95% de la densidad máxima seca para penetraciones de 0.1" y 0.2" respectivamente:

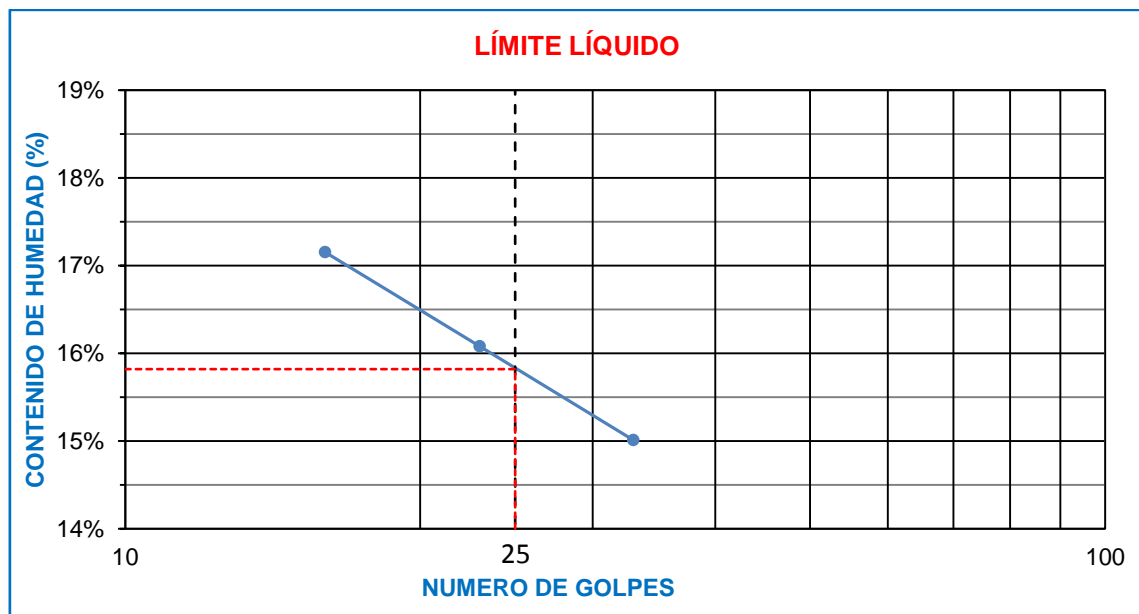
C.B.R. para una penetración de 0.1" al 100% de la densidad máxima seca	63.80%
C.B.R. para una penetración de 0.1" al 95% de la densidad máxima seca	44.70%
C.B.R. para una penetración de 0.2" al 100% de la densidad máxima seca	82.20%
C.B.R. para una penetración de 0.2" al 95% de la densidad máxima seca	58.60%

**MUESTRA 02: MEZCLA DE MATERIALES 70% DE LA CANTERA EL GUITARRERO Y 30% DE PIEDRA CHANCADA DEL RÍO CHONTA**

**ENSAYO:** Límites de Atterberg, muestra N° 02, mezcla de materiales 70% de la cantera el guitarrero y 30% de piedra chancada del río chonta.

LÍMITE LÍQUIDO			
TARA N°	1	2	3
Wt+M. Húmeda (g)	44.41	41.38	45.32
Wt+M. Seca (g)	41.94	39.23	43.01
W tara (g)	27.54	25.86	27.62
W agua (g)	2.47	2.15	2.31
W M. Seca(g)	14.40	13.37	15.39
W (%)	17.15%	16.08%	15.01%
N° GOLPES	16	23	33

LÍMITE PLÁSTICO			
TARA N°	1	2	PROM.
Wt+M. Húmeda (g)			
Wt+M. Seca (g)			
W tara (g)			
W agua (g)			
W M. Seca (g)			
W (%)			NP



Determinamos los límites de Atterberg:

**Límite líquido: 16%**

**Límite plástico: NP**

**Índice plástico: NP**

**ENSAYO:** Pactor Modificado, muestra N°02, mezcla de materiales 70% de la cantera El Guitarrero y 30% de piedra chancada del Río Chonta.

DENSIDAD	NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	5
	N° de capas	5	5	5	5	5
	N° de golpes por capa	56	56	56	56	56
	W Húmedo + W Molde (g)	11058	11231	11354	11427	11426
	W del molde (g)	6295	6295	6295	6295	6295
	W Húmedo (g)	4763	4936	5059	5132	5131
	volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2225	2225	2225	2225	2225
	<b>Densidad Húmeda (g/cm<sup>3</sup>)</b>	2.141	2.218	2.274	2.307	2.306

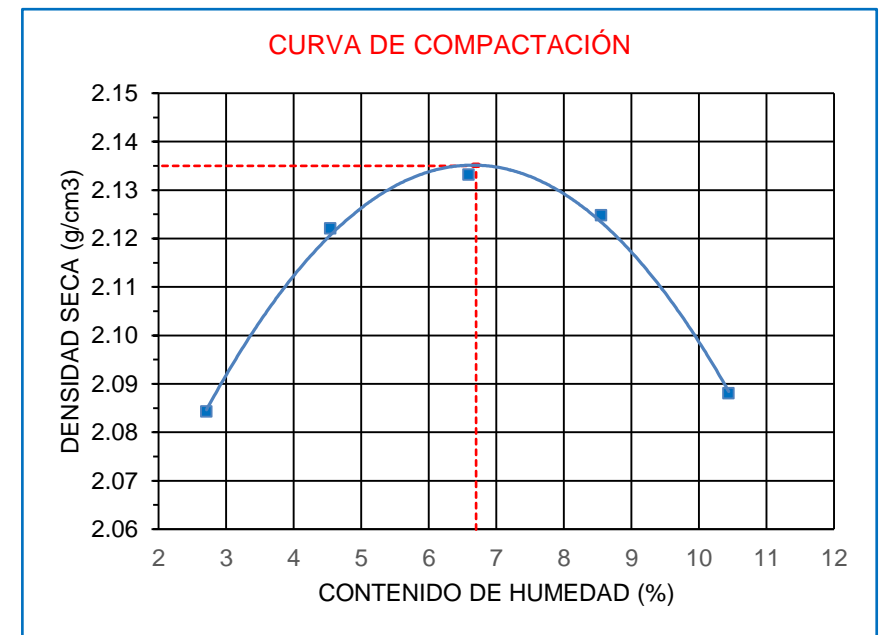
METODO DE ENSAYO:	<b>C</b>
DIAMETRO DEL MOLDE:	6"
ENERGÍA DE COMPACTACIÓN:	30.75 Kg-cm/cm <sup>3</sup>
N° CAPAS	5
N° DE GOLPES	56
PESO DEL PISÓN (Kg)	4.418
ALTURADE CAIDA DEL PISÓN (cm)	55.3
VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> )	2225

HUMEDAD	ENSAYO	1		2		3		4		5	
	W M. Húmeda + W Tara (g)	719	671	646	921	603	632	1059	923	1402	1286
	W M. Seca + W Tara (g)	704	657	623	887	572	599	1017	864	1344	1238
	W Tara (g)	153	137	107	152	97	103	527	173	784	782
	W Agua (g)	15	14	23	34	31	33	42	59	58	48
	W Muestra Seca (g)	551	520	516	735	475	496	490	691	560	456
	Contenido de Humedad (%)	2.72	2.69	4.46	4.63	6.53	6.65	8.57	8.54	10.36	10.53
	<b>C. de Humedad (%) Prom.</b>	<b>2.71</b>		<b>4.54</b>		<b>6.59</b>		<b>8.55</b>		<b>10.44</b>	
<b>Densidad seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.084</b>		<b>2.122</b>		<b>2.133</b>		<b>2.125</b>		<b>2.088</b>		

Determinamos la densidad máxima seca y el óptimo contenido de humedad:

**Densidad seca máxima: 2.135 g/cm<sup>3</sup>**

**Contenido óptimo de humedad: 6.70 %**



**ENSAYO:** Ensayo California Bearing Ratio (CBR), muestra N° 02, mezcla de materiales 70% de la cantera El Guitarrero y 30% de piedra chancada del Río Chonta.

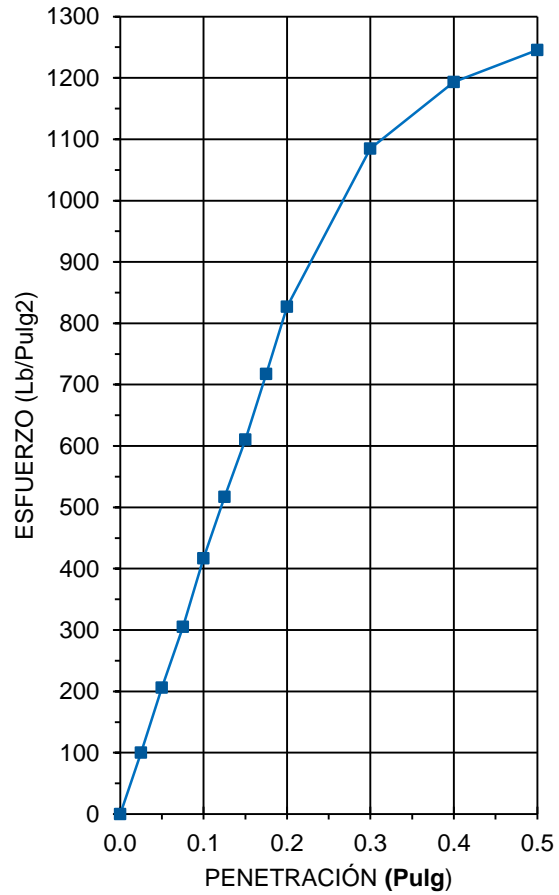
<b>COMPACTACIÓN CBR</b>										
N° Golpes por capa	13			27			56			
N° Capas	5			5			5			
Altura de molde (mm)	126			126			126			
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>	<b>ANTES DE SATURAR</b>		<b>DESPUES SATURAR</b>		<b>ANTES DE SATURAR</b>		<b>DESPUES SATURAR</b>		<b>ANTES DE SATURAR</b>	
W Húmedo + W Molde (g)	12752		12806		11791		11844		13132	
W Molde (g)	7807		7807		6625		6625		7772	
Volumen del Molde (cm3)	2308		2308		2324		2324		2328	
W Húmedo (g)	4945		4999		5166		5219		5360	
Densidad Húmeda (g/cm3)	2.143		2.166		2.223		2.246		2.302	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>										
<b>TARA N°</b>	<b>12-A</b>	<b>12-B</b>	<b>12-C</b>	<b>25-A</b>	<b>25-B</b>	<b>25-C</b>	<b>56-A</b>	<b>56-B</b>	<b>56-C</b>	
W Tara + Muestra Húmeda (g)	528	513	464	1166	749	1287	648	811	872	
W Tara + Muestra Seca (g)	500	486	436	1142	711	1251	614	769	821	
W tara (g)	87	88	80	782	157	784	103	155	157	
W agua (g)	28	27	28	24	38	36	34	42	51	
W Muestra Seca(g)	413	398	356	360	554	467	511	614	664	
<b>Contenido de Humedad (%)</b>	<b>6.78</b>	<b>6.78</b>	<b>7.87</b>	<b>6.67</b>	<b>6.86</b>	<b>7.71</b>	<b>6.65</b>	<b>6.84</b>	<b>7.68</b>	
<b>C. Humedad Promedio (%)</b>	<b>6.78</b>		<b>7.87</b>	<b>6.76</b>		<b>7.71</b>	<b>6.75</b>		<b>7.68</b>	
<b>DENSIDAD SECA (g/cm3)</b>	<b>2.006</b>		<b>2.008</b>	<b>2.082</b>		<b>2.085</b>	<b>2.157</b>		<b>2.156</b>	
<b>ENSAYO DE EXPANSIÓN</b>										
<b>TIEMPO ACUMULADO</b>		<b>PRESIÓN 13 GOLPES</b>			<b>PRESIÓN 27 GOLPES</b>			<b>PRESIÓN 56 GOLPES</b>		
		<b>LECTURA</b>	<b>EXPANSIÓN</b>		<b>LECTURA</b>	<b>EXPANSIÓN</b>		<b>LECTURA</b>	<b>EXPANSIÓN</b>	
<b>HORAS</b>	<b>DIAS</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>
0	0	NO EXPANSIVO								
21	1									
48	2									
72	3									

**ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN**

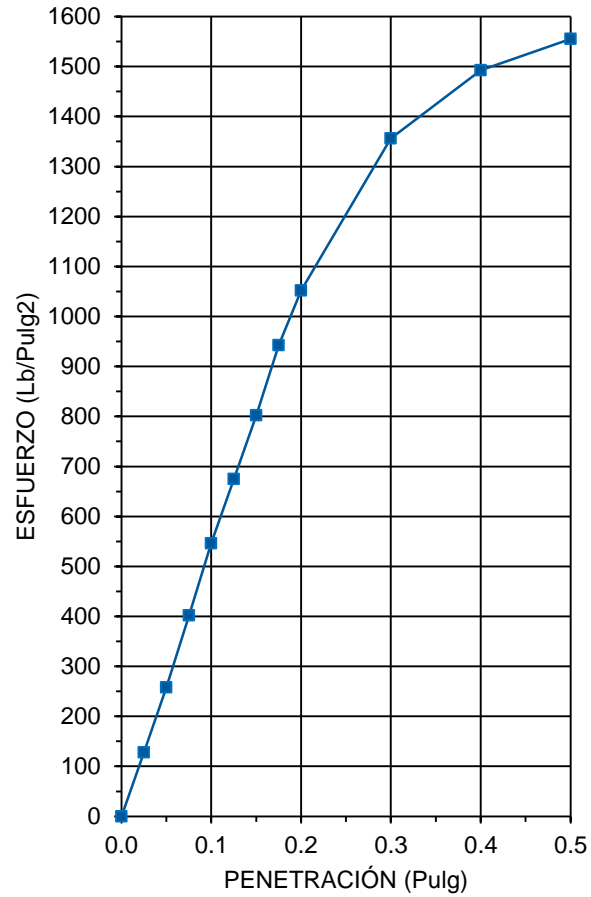
PENETRACIÓN		PRESIÓN		AREA DEL PISTÓN
mm	Pulg.	Kg/cm2	Lb/pulg2	cm2
2.54	0.10	70.31	1000	<b>20.27</b>
5.08	0.20	105.46	1500	

PENETRACIÓN		PRESIÓN 13 GOLPES			PRESIÓN 27 GOLPES			PRESIÓN 56 GOLPES		
mm	pulg.	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
		Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2	Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2	Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2
0	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	142.90	7.05	100.28	182.10	8.98	127.78	233.40	11.52	163.78
1.27	0.050	293.50	14.48	205.96	367.80	18.15	258.09	482.60	23.81	338.65
1.91	0.075	434.80	21.45	305.11	572.30	28.24	401.60	722.30	35.64	506.85
<b>2.54</b>	<b>0.100</b>	<b>594.40</b>	<b>29.33</b>	<b>417.10</b>	<b>778.40</b>	<b>38.40</b>	<b>546.22</b>	<b>969.40</b>	<b>47.83</b>	<b>680.25</b>
3.18	0.125	737.20	36.37	517.31	961.20	47.42	674.50	1202.70	59.34	843.96
3.81	0.150	870.10	42.93	610.57	1143.50	56.42	802.42	1419.80	70.05	996.31
4.45	0.175	1022.50	50.45	717.51	1342.80	66.25	942.27	1630.30	80.44	1144.02
<b>5.08</b>	<b>0.200</b>	<b>1178.50</b>	<b>58.14</b>	<b>826.98</b>	<b>1498.70</b>	<b>73.94</b>	<b>1051.67</b>	<b>1848.80</b>	<b>91.22</b>	<b>1297.35</b>
7.62	0.300	1545.60	76.26	1084.58	1932.80	95.36	1356.29	2645.60	130.53	1856.48
10.16	0.400	1700.30	83.89	1193.14	2126.60	104.92	1492.28	2990.30	147.54	2098.36
12.7	0.500	1774.90	87.57	1245.49	2216.60	109.36	1555.44	3170.90	156.45	2225.09

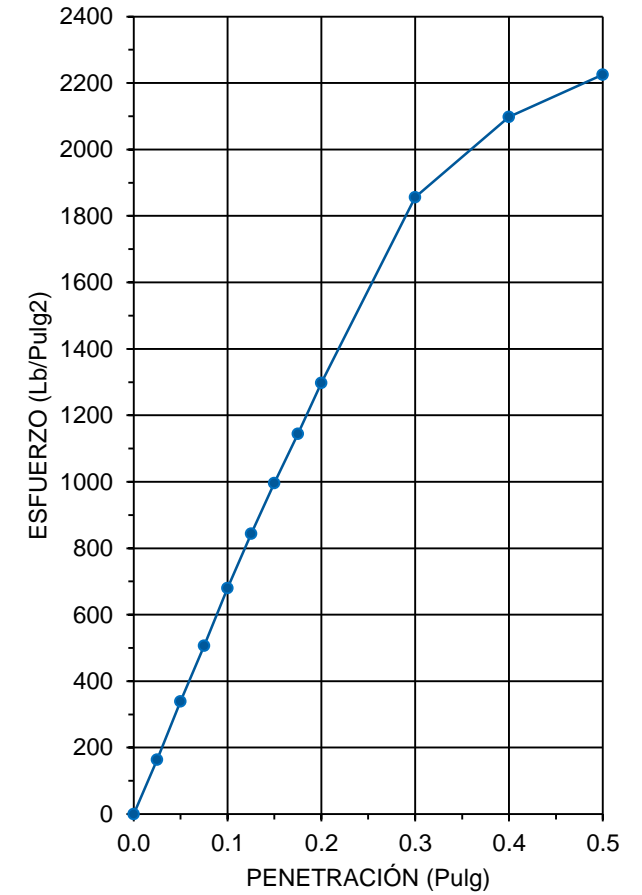
CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN  
(13 GOLPES)



CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN  
(27 GOLPES)



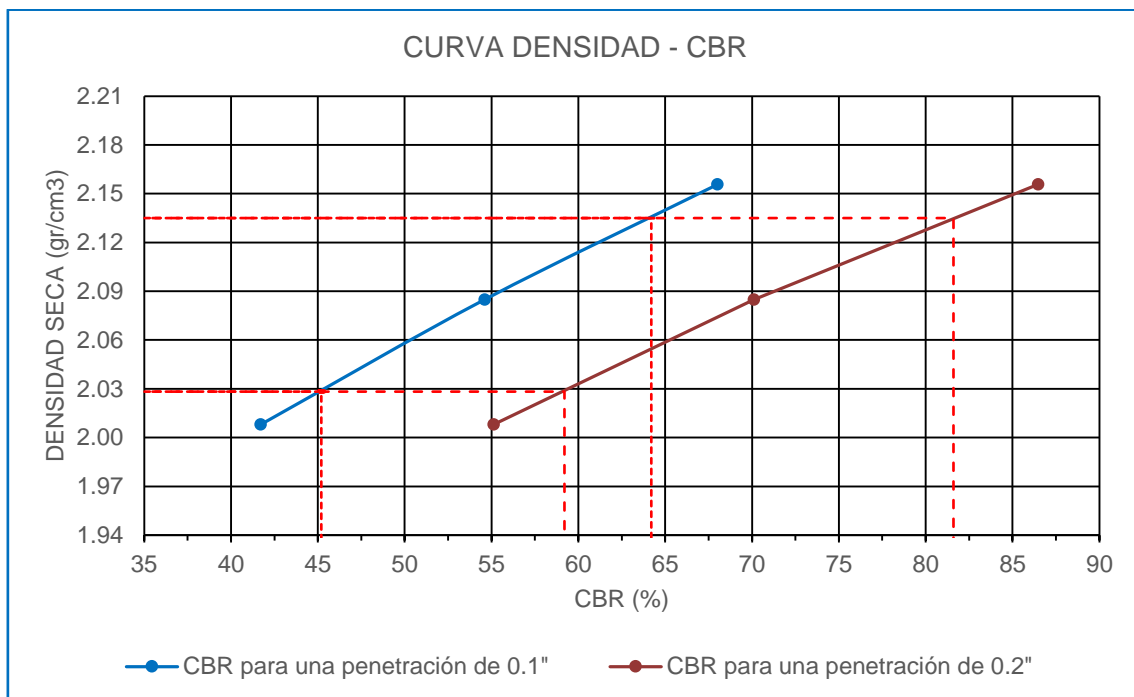
CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN (56  
GOLPES)





Valores del CBR para penetraciones de 0.1" y 0.2", muestra N° 02, mezcla de materiales 70% de la cantera El Guitarrero y 30% de piedra chancada del Río Chonta.

N° DE GOLPES	VALORES DEL CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.1"			VALORES DEL CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.2"		
	ESFUERZO	CBR	DENSIDAD SECA	ESFUERZO	CBR	DENSIDAD SECA
	Lb/Pulg2	%	g/cm3	Lb/Pulg2	%	g/cm3
PRESIÓN 13 GOLPES	417.10	41.71	2.01	826.98	55.13	2.01
PRESIÓN 27 GOLPES	546.22	54.62	2.08	1051.67	70.11	2.08
PRESIÓN 56 GOLPES	680.25	68.03	2.16	1297.35	86.49	2.16



Del gráfico determinamos los valores del CBR al 100% y 95% de la densidad máxima seca para penetraciones de 0.1" y 0.2" respectivamente:

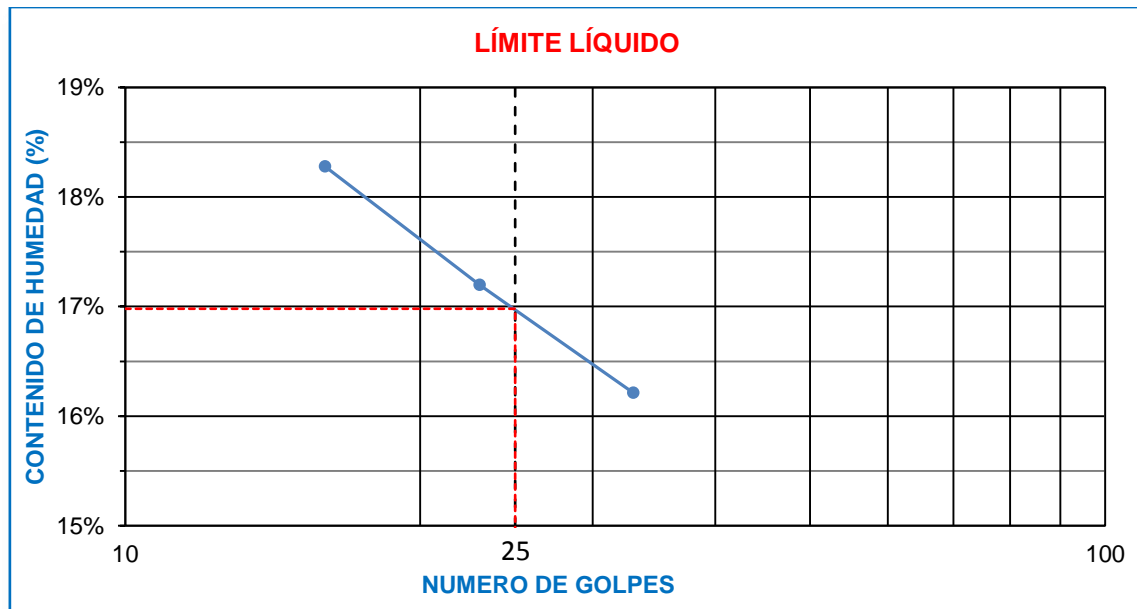
C.B.R. para una penetración de 0.1" al 100% de la densidad máxima seca	64.20%
C.B.R. para una penetración de 0.1" al 95% de la densidad máxima seca	45.20%
C.B.R. para una penetración de 0.2" al 100% de la densidad máxima seca	81.60%
C.B.R. para una penetración de 0.2" al 95% de la densidad máxima seca	59.20%

**MUESTRA 03: MEZCLA DE MATERIALES 70% DE LA CANTERA EL GUITARRERO Y 30% DE PIEDRA CHANCADA DEL RÍO CHONTA**

**ENSAYO:** Límites de Atterberg, muestra N° 03, mezcla de materiales 70% de la cantera el guitarrero y 30% de piedra chancada del río chonta.

LÍMITE LÍQUIDO			
TARA N°	1	2	3
Wt + M. Húmeda (g)	<b>43.62</b>	<b>41.22</b>	<b>44.41</b>
Wt +M. Seca (g)	<b>41.71</b>	<b>39.33</b>	<b>42.74</b>
W tara (g)	<b>31.26</b>	<b>28.34</b>	<b>32.44</b>
W agua (g)	1.91	1.89	1.67
W M. Seca(g)	10.45	10.99	10.30
W (%)	18.28%	17.20%	16.21%
N° GOLPES	<b>16</b>	<b>23</b>	<b>33</b>

LÍMITE PLÁSTICO			
TARA N°	1	2	PROM.
Wt+M. Húmeda (g)			
Wt+M. Seca (g)			
W tara (g)			
W agua (g)			
W M. Seca (g)			
W (%)			NP



Determinamos los límites de Atterberg:

**Límite líquido: 17%**

**Límite plástico: NP**

**Índice plástico: NP**

**ENSAYO:** Pactor Modificado, muestra N°03, mezcla de materiales 70% de la cantera El Guitarrero y 30% de piedra chancada del Río Chonta.

DENSIDAD	NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	5
	N° de capas	5	5	5	5	5
	N° de golpes por capa	56	56	56	56	56
	W Húmedo + W Molde (g)	11019	11206	11352	11411	11402
	W del molde (g)	6295	6295	6295	6295	6295
	W Húmedo (g)	4724	4911	5057	5116	5107
	volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2225	2225	2225	2225	2225
	<b>Densidad Húmeda (g/cm<sup>3</sup>)</b>	2.123	2.207	2.273	2.299	2.295

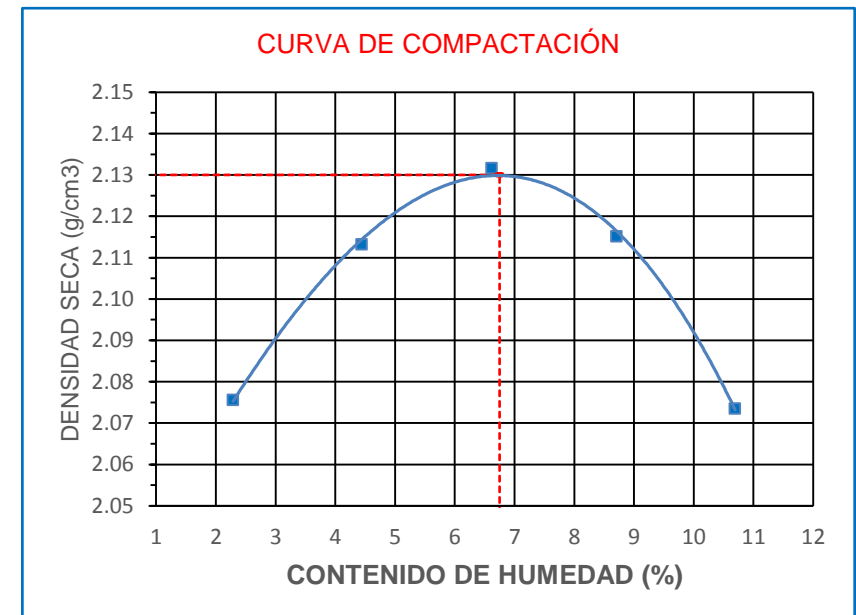
METODO DE ENSAYO:	<b>C</b>
DIAMETRO DEL MOLDE:	6"
ENERGÍA DE COMPACTACIÓN:	30.75 Kg-cm/cm <sup>3</sup>
N° CAPAS	5
N° DE GOLPES	56
PESO DEL PISÓN (Kg)	4.418
ALTURADE CAIDA DEL PISÓN (cm)	55.3
VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> )	2225

HUMEDAD	ENSAYO	1		2		3		4		5	
	W M. Húmeda + W Tara (g)	1367	1192	639	712	944	875	1362	854	938	822
	W M. Seca + W Tara (g)	1354	1177	616	686	895	830	1316	796	861	759
	W Tara (g)	782	527	97	103	152	153	782	137	137	173
	W Agua (g)	13	15	23	26	49	45	46	58	77	63
	W Muestra Seca (g)	572	650	519	583	743	677	534	659	724	586
	Contenido de Humedad (%)	2.27	2.31	4.43	4.46	6.59	6.65	8.61	8.80	10.64	10.75
	<b>C. de Humedad (%) Prom.</b>	<b>2.29</b>	<b>2.31</b>	<b>4.45</b>	<b>4.46</b>	<b>6.62</b>	<b>6.65</b>	<b>8.71</b>	<b>8.80</b>	<b>10.69</b>	<b>10.75</b>
<b>DENSIDAD SECA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.076</b>	<b>2.076</b>	<b>2.113</b>	<b>2.113</b>	<b>2.132</b>	<b>2.132</b>	<b>2.115</b>	<b>2.115</b>	<b>2.074</b>	<b>2.074</b>	

Determinamos la densidad máxima seca y el óptimo contenido de humedad:

**Densidad seca máxima: 2.13 g/cm<sup>3</sup>**

**Contenido óptimo de humedad: 6.75 %**



**ENSAYO:** Ensayo California Bearing Ratio (CBR), muestra N° 03, mezcla de materiales 70% de la cantera El Guitarrero y 30% de piedra chancada del Río Chonta.

<b>COMPACTACIÓN CBR</b>																		
N° Golpes por capa	13			27			56											
N° Capas	5			5			5											
Altura de molde (mm)	126			126			126											
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>	<b>ANTES DE SATURAR</b>		<b>DESPUES SATURAR</b>		<b>ANTES DE SATURAR</b>		<b>DESPUES SATURAR</b>		<b>ANTES DE SATURAR</b>		<b>DESPUES SATURAR</b>							
W Húmedo + W Molde (g)	12734		12791		11773		11830		13106		13149							
W Molde (g)	7807		7807		6625		6625		7772		7772							
Volumen del Molde (cm3)	2308		2308		2324		2324		2328		2328							
W Húmedo (g)	4927		4984		5148		5205		5334		5377							
Densidad Húmeda (g/cm3)	2.135		2.159		2.215		2.240		2.291		2.310							
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>																		
<b>TARA N°</b>	<b>12-A</b>		<b>12-B</b>		<b>12-C</b>		<b>25-A</b>		<b>25-B</b>		<b>25-C</b>		<b>56-A</b>		<b>56-B</b>		<b>56-C</b>	
W Tara + Muestra Húmeda (g)	922		1301		1397		556		465		454		714		786		642	
W Tara + Muestra Seca (g)	874		1268		1352		527		441		427		679		746		604	
W tara (g)	157		784		782		88		87		80		155		157		103	
W agua (g)	48		33		45		29		24		27		35		40		38	
W Muestra Seca(g)	717		484		570		439		354		347		524		589		501	
<b>Contenido de Humedad (%)</b>	<b>6.69</b>		<b>6.82</b>		<b>7.89</b>		<b>6.61</b>		<b>6.78</b>		<b>7.78</b>		<b>6.68</b>		<b>6.79</b>		<b>7.58</b>	
<b>C. Humedad Promedio (%)</b>	<b>6.76</b>			<b>7.89</b>			<b>6.69</b>			<b>7.78</b>			<b>6.74</b>			<b>7.58</b>		
<b>DENSIDAD SECA (g/cm3)</b>	<b>2.000</b>			<b>2.001</b>			<b>2.076</b>			<b>2.078</b>			<b>2.147</b>			<b>2.147</b>		
<b>ENSAYO DE EXPANSIÓN</b>																		
<b>TIEMPO ACUMULADO</b>		<b>PRESIÓN 13 GOLPES</b>				<b>PRESIÓN 27 GOLPES</b>				<b>PRESIÓN 56 GOLPES</b>								
		<b>LECTUR A</b>		<b>EXPANSIÓN</b>		<b>LECTUR A</b>		<b>EXPANSIÓN</b>		<b>LECTUR A</b>		<b>EXPANSIÓN</b>						
<b>HORAS</b>	<b>DIAS</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>					
0	0	NP																
21	1																	
48	2																	
72	3																	
96	4																	

(...Va)

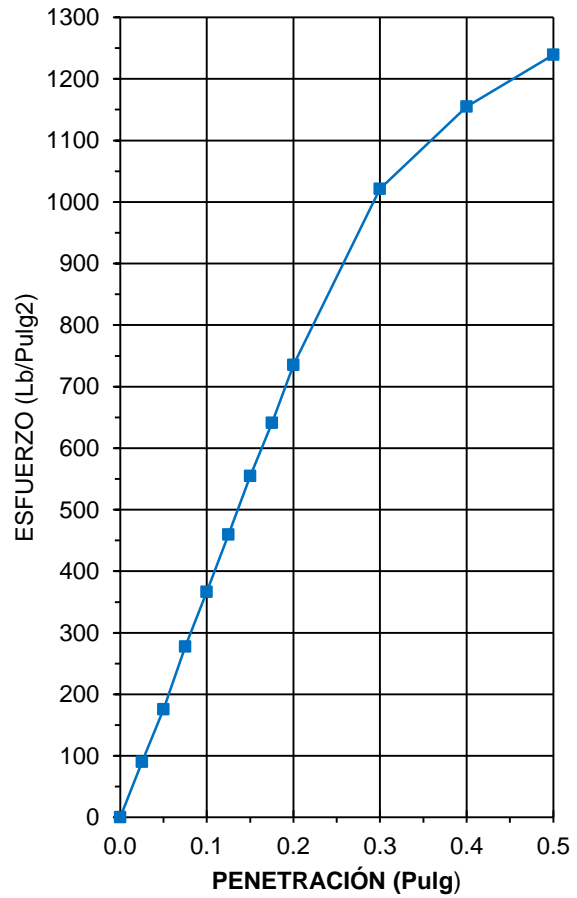
(Viene...)

**ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN**

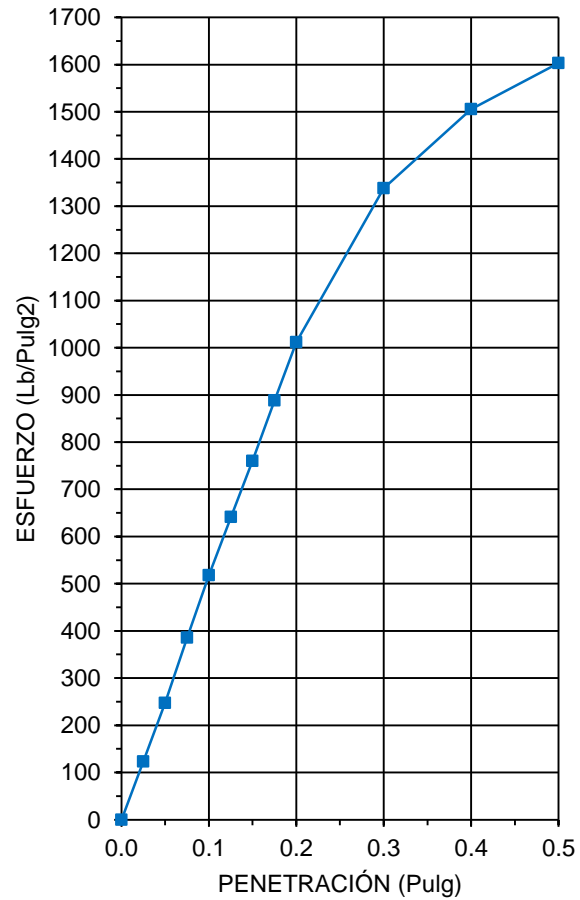
PENETRACIÓN		PRESIÓN		AREA DEL PISTÓN
mm	Pulg.	Kg/cm2	Lb/pulg2	cm2
2.54	0.10	70.31	1000	<b>20.27</b>
5.08	0.20	105.46	1500	

PENETRACIÓN		PRESIÓN 13 GOLPES			PRESIÓN 27 GOLPES			PRESIÓN 56 GOLPES		
mm	pulg.	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
		Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2	Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2	Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2
0	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	128.60	6.34	90.24	175.90	8.68	123.43	250.80	12.37	175.99
1.27	0.050	250.10	12.34	175.50	352.30	17.38	247.22	489.60	24.16	343.56
1.91	0.075	395.10	19.49	277.25	549.30	27.10	385.46	737.90	36.41	517.80
<b>2.54</b>	<b>0.100</b>	521.80	<b>25.74</b>	<b>366.16</b>	737.60	<b>36.39</b>	<b>517.59</b>	946.30	<b>46.69</b>	<b>664.04</b>
3.18	0.125	654.80	32.31	459.49	913.50	45.07	641.02	1172.60	57.85	822.84
3.81	0.150	790.40	39.00	554.64	1082.70	53.42	759.76	1406.70	69.40	987.11
4.45	0.175	913.70	45.08	641.16	1265.40	62.43	887.96	1642.80	81.05	1152.79
<b>5.08</b>	<b>0.200</b>	1048.00	<b>51.71</b>	<b>735.41</b>	1441.90	<b>71.14</b>	<b>1011.81</b>	1822.60	<b>89.92</b>	<b>1278.96</b>
7.62	0.300	1455.50	71.81	1021.36	1906.70	94.07	1337.97	2466.50	121.69	1730.80
10.16	0.400	1645.60	81.19	1154.76	2145.40	105.85	1505.48	2763.30	136.34	1939.07
12.7	0.500	1765.60	87.11	1238.96	2284.70	112.72	1603.23	2890.30	142.60	2028.19

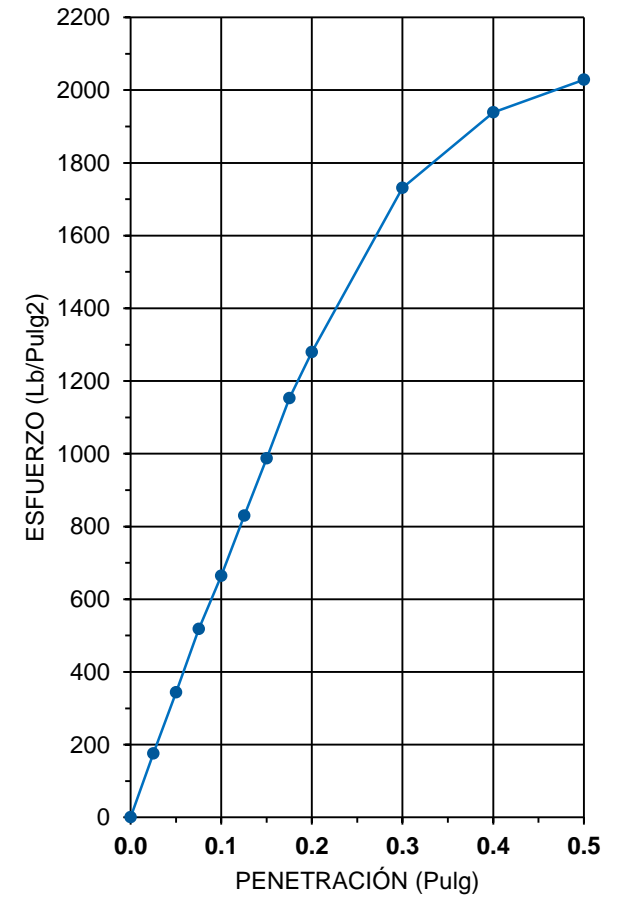
**CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN  
(13 GOLPES)**



**CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN  
(27 GOLPES)**

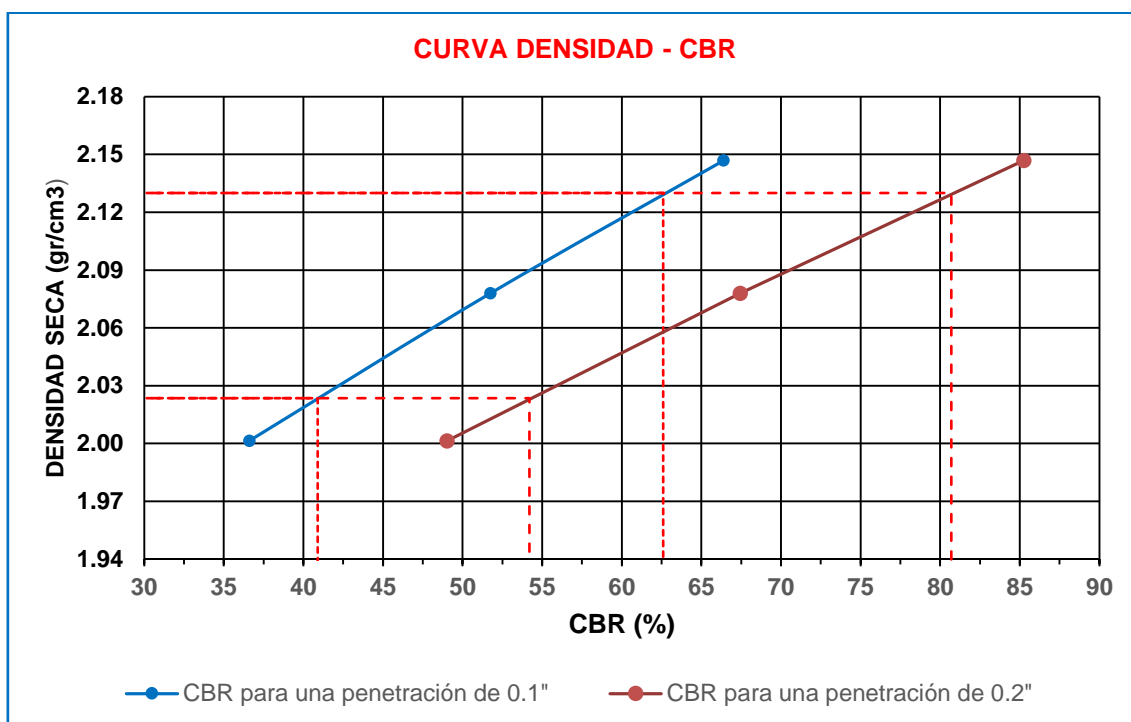


**CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN  
(56 GOLPES)**



Valores del CBR para penetraciones de 0.1" y 0.2", muestra N° 03, mezcla de materiales 70% de la cantera El Guitarrero con 30% de piedra chancada del Río Chonta.

N° DE GOLPES	VALORES DEL CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.1"			VALORES DEL CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.2"		
	ESFUERZO	CBR	DENSIDAD SECA	ESFUERZO	CBR	DENSIDAD SECA
	Lb/Pulg2	%	g/cm3	Lb/Pulg2	%	g/cm3
PRESIÓN 13 GOLPES	366.16	36.62	2.00	735.41	49.03	2.00
PRESIÓN 27 GOLPES	517.59	51.76	2.08	1011.81	67.45	2.08
PRESIÓN 56 GOLPES	664.04	66.40	2.15	1278.96	85.26	2.15



Del gráfico determinamos los valores del CBR al 100% y 95% de la densidad máxima seca para penetraciones de 0.1" y 0.2" respectivamente:

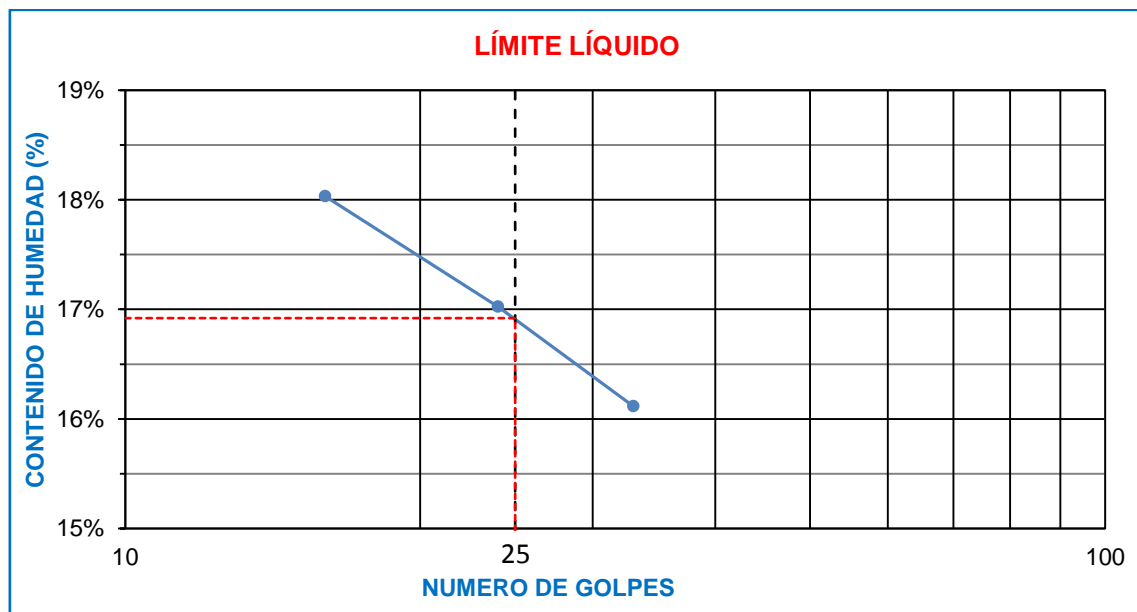
C.B.R. para una penetración de 0.1" al 100% de la densidad máxima seca	62.60%
C.B.R. para una penetración de 0.1" al 95% de la densidad máxima seca	40.90%
C.B.R. para una penetración de 0.2" al 100% de la densidad máxima seca	80.70%
C.B.R. para una penetración de 0.2" al 95% de la densidad máxima seca	54.20%

**MUESTRA 04: MEZCLA DE MATERIALES 70% DE LA CANTERA EL GUITARRERO Y 30% DE PIEDRA CHANCADA DEL RÍO CHONTA**

**ENSAYO:** Límites de Atterberg, muestra N° 03, mezcla de materiales 70% de la cantera el guitarrero y 30% de piedra chancada del río chonta.

LÍMITE LÍQUIDO			
TARA N°	1	2	3
Wt+M. Húmeda (g)	43.56	41.27	44.38
Wt+M. Seca (g)	41.69	39.37	42.72
W tara (g)	31.32	28.21	32.42
W agua (g)	1.87	1.90	1.66
W M. Seca(g)	10.37	11.16	10.30
W (%)	18.03%	17.03%	16.12%
N° GOLPES	16	24	33

LÍMITE PLÁSTICO			
TARA N°	1	2	PROM.
Wt+M. Húmeda (g)			
Wt+M. Seca (g)			
W tara (g)			
W agua (g)			
W M. Seca (g)			
W (%)			NP



Determinamos los límites de Atterberg:

**Límite líquido: 17%**

**Límite plástico: NP**

**Índice plástico: NP**



**ENSAYO:** Pactor Modificado, muestra N°04, mezcla de materiales 70% de la cantera El Guitarrero y 30% de piedra chancada del Río Chonta.

DENSIDAD	NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	5
	N° de capas	5	5	5	5	5
	N° de golpes por capa	56	56	56	56	56
	W Húmedo + W Molde (g)	10992	11180	11325	11399	11371
	W del molde (g)	6295	6295	6295	6295	6295
	W Húmedo (g)	4697	4885	5030	5104	5076
	volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2225	2225	2225	2225	2225
	<b>Densidad Húmeda (g/cm<sup>3</sup>)</b>	2.111	2.196	2.261	2.294	2.281

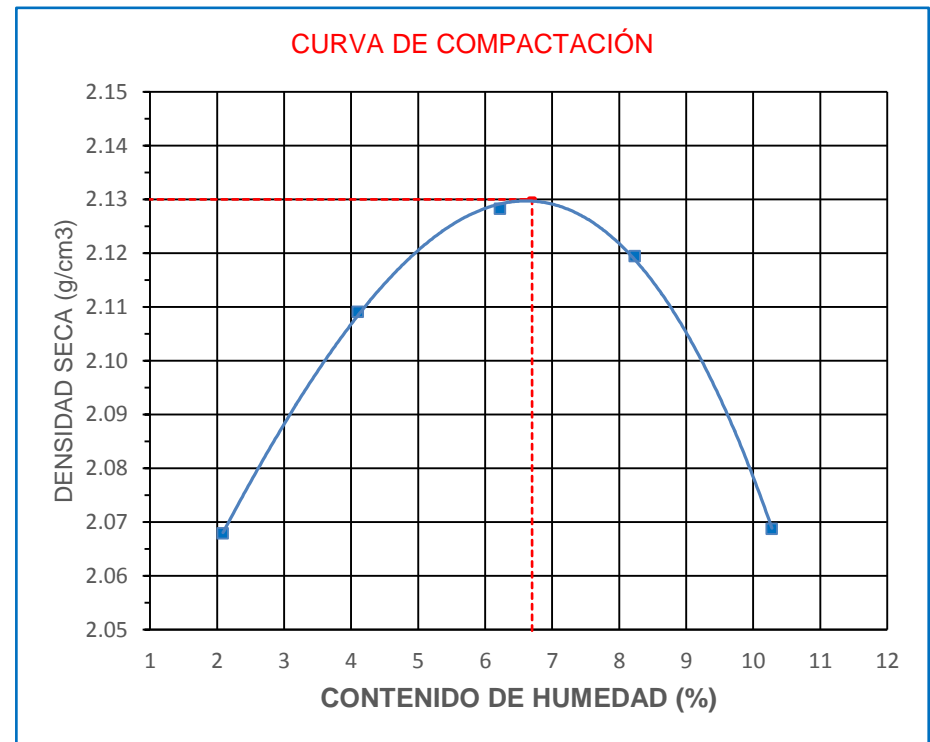
METODO DE ENSAYO:	<b>C</b>
DIAMETRO DEL MOLDE:	6"
ENERGÍA DE COMPACTACIÓN:	30.75 Kg-cm/cm <sup>3</sup>
N° CAPAS	5
N° DE GOLPES	56
PESO DEL PISÓN (Kg)	4.418
ALTURADE CAIDA DEL PISÓN (cm)	55.3
VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> )	2225

HUMEDAD	ENSAYO	1		2		3		4		5	
	W M. Húmeda + W Tara (g)	782	726	572	648	802	929	544	561	871	585
	W M. Seca + W Tara (g)	769	714	554	627	762	882	510	525	803	540
	W Tara (g)	154	132	107	124	113	134	94	91	142	102
	W Agua (g)	13	12	18	21	40	47	34	36	68	45
	W Muestra Seca (g)	615	582	447	503	649	748	416	434	661	438
	Contenido de Humedad (%)	2.11	2.06	4.03	4.17	6.16	6.28	8.17	8.29	10.29	10.27
	<b>C. de Humedad (%) Prom.</b>	<b>2.09</b>	<b>4.10</b>	<b>6.22</b>	<b>8.23</b>	<b>10.28</b>					
<b>DENSIDAD SECA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.068</b>	<b>2.109</b>	<b>2.128</b>	<b>2.119</b>	<b>2.069</b>						

Determinamos la densidad máxima seca y el óptimo contenido de humedad:

**Densidad seca máxima: 2.13 g/cm<sup>3</sup>**

**Contenido óptimo de humedad: 6.70 %**



**ENSAYO:** Ensayo California Bearing Ratio (CBR), muestra N° 03, mezcla de materiales 70% de la cantera El Guitarrero y 30% de piedra chancada del Río Chonta.

<b>COMPACTACIÓN CBR</b>										
N° Golpes por capa	13			27			56			
N° Capas	5			5			5			
Altura de molde (mm)	126			126			126			
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>	<b>ANTES DE SATURAR</b>		<b>DESPUES SATURAR</b>	<b>ANTES DE SATURAR</b>		<b>DESPUES SATURAR</b>	<b>ANTES DE SATURAR</b>		<b>DESPUES SATURAR</b>	
W Húmedo + W Molde (g)	12741		12789	11757		11811	13077		13131	
W Molde (g)	7807		7807	6625		6625	7772		7772	
Volumen del Molde (cm3)	2308		2308	2324		2324	2328		2328	
W Húmedo (g)	4934		4982	5132		5186	5305		5359	
Densidad Húmeda (g/cm3)	2.138		2.159	2.208		2.231	2.279		2.302	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>										
<b>TARA N°</b>	<b>12-A</b>	<b>12-B</b>	<b>12-C</b>	<b>25-A</b>	<b>25-B</b>	<b>25-C</b>	<b>56-A</b>	<b>56-B</b>	<b>56-C</b>	
W Tara + Muestra Húmeda (g)	564	706	876	716	806	897	561	952	623	
W Tara + Muestra Seca (g)	534	668	823	678	763	842	532	901	586	
W tara (g)	91	107	134	113	124	132	94	142	102	
W agua (g)	30	38	53	38	43	55	29	51	37	
W Muestra Seca(g)	443	561	689	565	639	710	438	759	484	
<b>Contenido de Humedad (%)</b>	<b>6.77</b>	<b>6.77</b>	<b>7.69</b>	<b>6.73</b>	<b>6.73</b>	<b>7.75</b>	<b>6.62</b>	<b>6.72</b>	<b>7.64</b>	
<b>C. Humedad Promedio (%)</b>	<b>6.77</b>		<b>7.69</b>	<b>6.73</b>		<b>7.75</b>	<b>6.67</b>		<b>7.64</b>	
<b>DENSIDAD SECA (g/cm3)</b>	<b>2.002</b>		<b>2.004</b>	<b>2.069</b>		<b>2.071</b>	<b>2.136</b>		<b>2.138</b>	
<b>ENSAYO DE EXPANSIÓN</b>										
<b>TIEMPO ACUMULADO</b>		<b>PRESIÓN 13 GOLPES</b>			<b>PRESIÓN 27 GOLPES</b>			<b>PRESIÓN 56 GOLPES</b>		
		<b>LECTURA</b>	<b>EXPANSIÓN</b>		<b>LECTURA</b>	<b>EXPANSIÓN</b>		<b>LECTURA</b>	<b>EXPANSIÓN</b>	
<b>HORAS</b>	<b>DIAS</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>
0	0	NO EXPANSIVO								
21	1									
48	2									
72	3									
96	4									

(...Va)

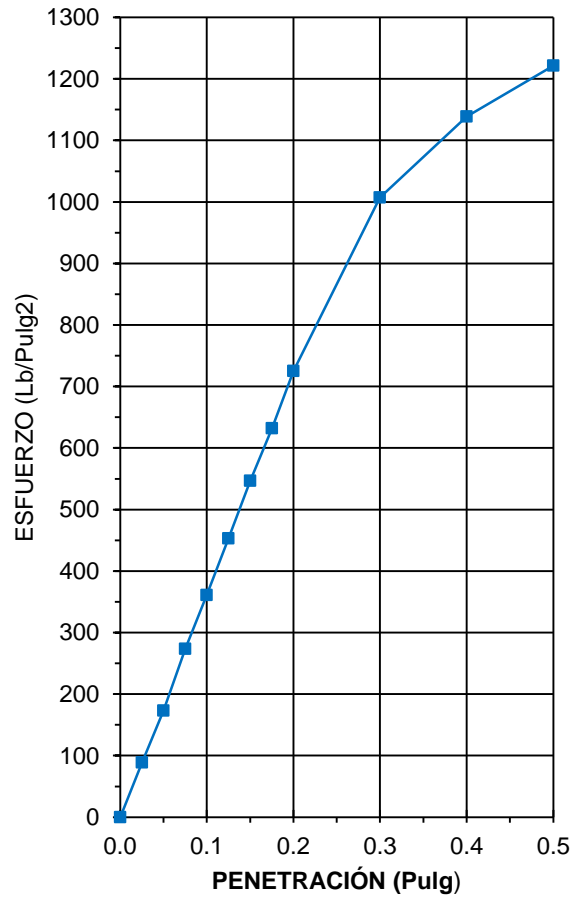
(Viene...)

**ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN**

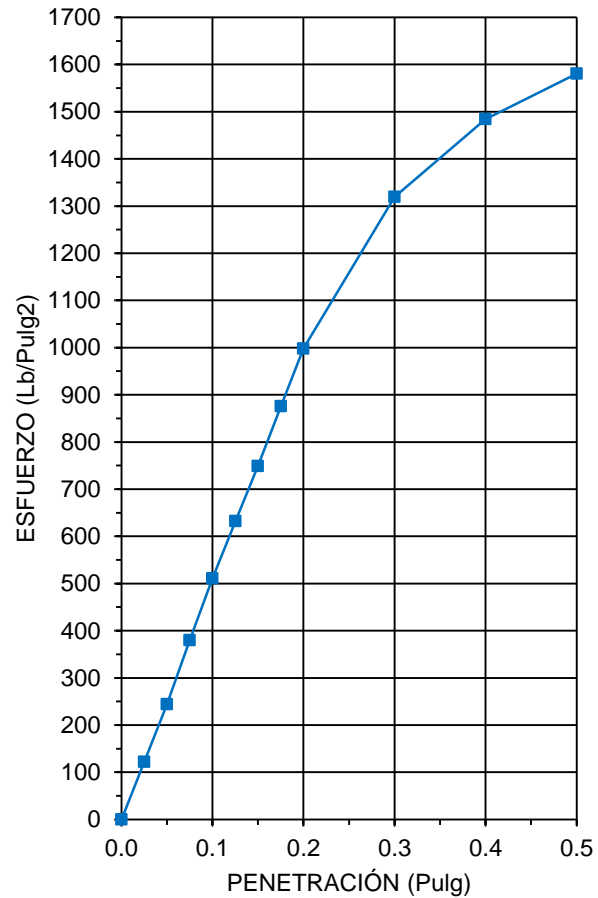
PENETRACIÓN		PRESIÓN		AREA DEL PISTÓN
mm	Pulg.	Kg/cm2	Lb/pulg2	cm2
2.54	0.10	70.31	1000	<b>20.27</b>
5.08	0.20	105.46	1500	

PENETRACIÓN		PRESIÓN 13 GOLPES			PRESIÓN 27 GOLPES			PRESIÓN 56 GOLPES		
mm	pulg.	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
		Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2	Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2	Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2
0	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	126.80	6.26	88.98	173.40	8.56	121.68	247.30	12.20	173.54
1.27	0.050	246.60	12.17	173.04	347.40	17.14	243.78	482.70	23.82	338.72
1.91	0.075	389.60	19.22	273.39	541.60	26.72	380.05	727.60	35.90	510.57
<b>2.54</b>	<b>0.100</b>	514.50	<b>25.38</b>	<b>361.04</b>	727.30	<b>35.88</b>	<b>510.36</b>	933.00	<b>46.03</b>	<b>654.71</b>
3.18	0.125	645.60	31.85	453.03	900.70	44.44	632.04	1166.00	57.53	818.21
3.81	0.150	779.30	38.45	546.85	1067.40	52.66	749.02	1387.10	68.44	973.36
4.45	0.175	900.90	44.45	632.18	1247.70	61.56	875.54	1619.80	79.92	1136.65
<b>5.08</b>	<b>0.200</b>	1033.30	<b>50.98</b>	<b>725.09</b>	1421.70	<b>70.14</b>	<b>997.64</b>	1797.10	<b>88.67</b>	<b>1261.07</b>
7.62	0.300	1435.10	70.81	1007.04	1880.00	92.76	1319.24	2431.90	119.99	1706.52
10.16	0.400	1622.50	80.05	1138.55	2115.40	104.37	1484.42	2724.60	134.43	1911.91
12.7	0.500	1740.90	85.89	1221.63	2252.70	111.14	1580.77	2849.80	140.60	1999.77

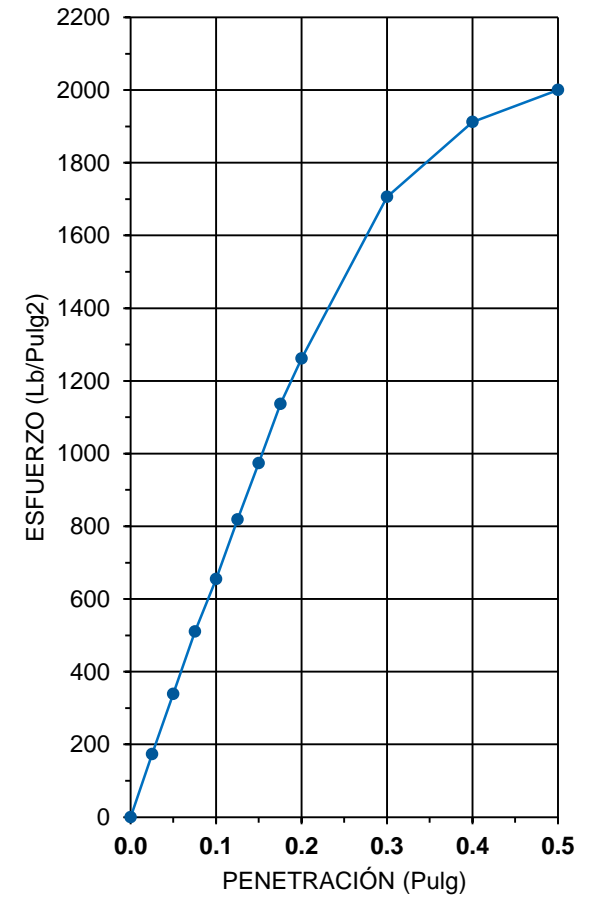
CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN  
(13 GOLPES)



CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN  
(27 GOLPES)

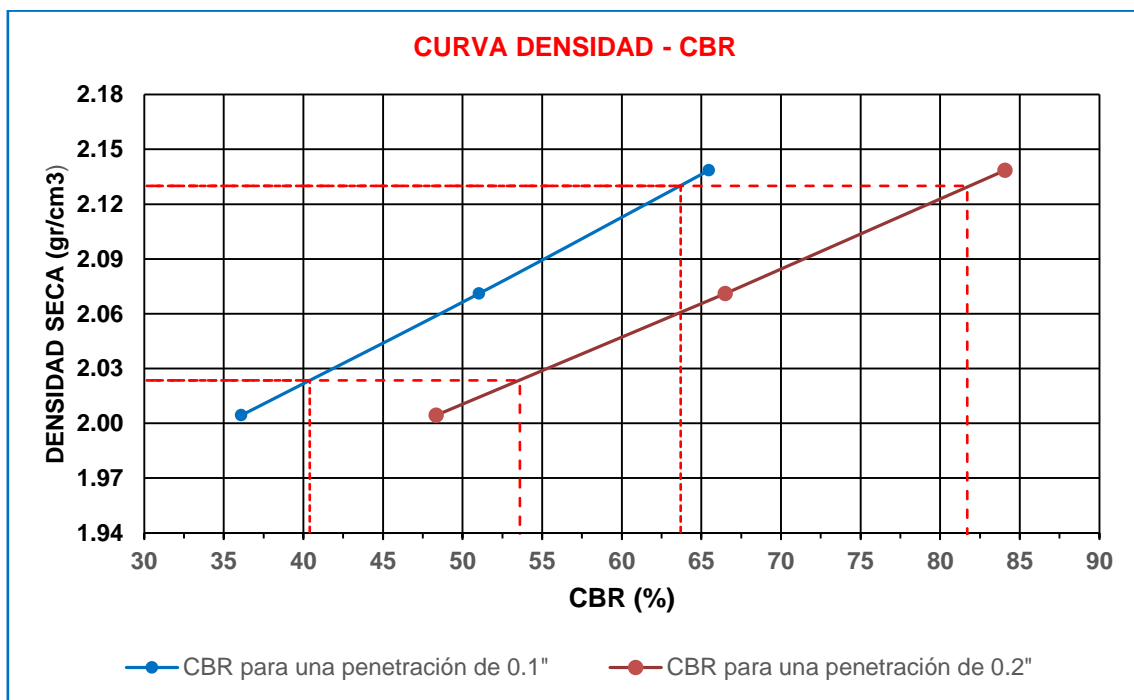


CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN  
(56 GOLPES)



Valores del CBR para penetraciones de 0.1" y 0.2", muestra N° 04, mezcla de materiales 70% de la cantera El Guitarrero con 30% de piedra chancada del Río Chonta.

N° DE GOLPES	VALORES DEL CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.1"			VALORES DEL CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.2"		
	ESFUERZO	CBR	DENSIDAD SECA	ESFUERZO	CBR	DENSIDAD SECA
	Lb/Pulg2	%	g/cm3	Lb/Pulg2	%	g/cm3
PRESIÓN 13 GOLPES	361.04	36.10	2.00	725.09	48.34	2.00
PRESIÓN 27 GOLPES	510.36	51.04	2.07	997.64	66.51	2.07
PRESIÓN 56 GOLPES	654.71	65.47	2.14	1261.07	84.07	2.14



C.B.R. para una penetración de 0.1" al 100% de la densidad máxima seca	63.70%
C.B.R. para una penetración de 0.1" al 95% de la densidad máxima seca	40.40%
C.B.R. para una penetración de 0.2" al 100% de la densidad máxima seca	81.70%
C.B.R. para una penetración de 0.2" al 95% de la densidad máxima seca	53.60%

**ENSAYO:** Abrasión por medio de la máquina de los Ángeles de la mezcla de materiales 70% de la cantera El Guitarrero y 30% de piedra chancada del Río Chonta.

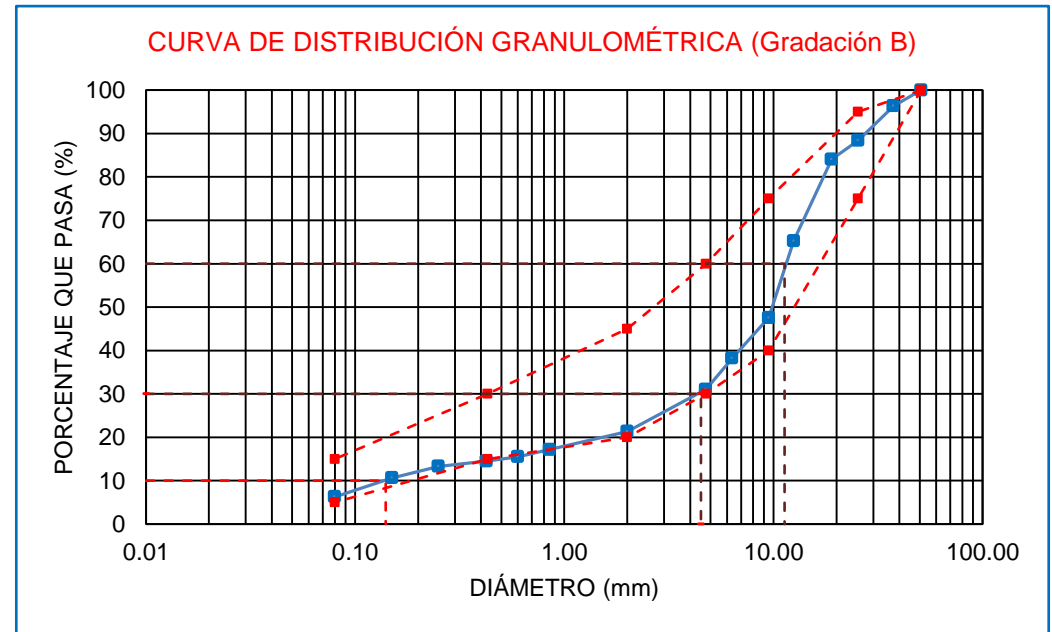
TAMAÑO MÁXIMO						1"			
GRADACIÓN						B			
N° DE ESFERAS						11			
N° DE REVOLUCIONES						500			
Medida de tamiz (abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g				PESO REAL (g)			
Que pasa	Retenido sobre	gradación				M-1	M-2	M-3	M-4
		A	B	C	D				
37,5 mm (1 1/2")	25.0 mm (1")	1250 ± 25	-.-	-.-	-.-				
25,0 mm (1 ")	19,0 mm (3/4")	1250 ± 25	-.-	-.-	-.-				
19,0 mm (3/4")	12,5 mm (1/2")	1250 ± 10	2500 ± 10	-.-	-.-	2501	2500	2498	2502
12,5 mm (1/2")	9,5 mm (3/8")	1250 ± 10	2500 ± 10	-.-	-.-	2502	2501	2503	2503
9,5 mm (3/8")	6,3 mm (1/4")	-.-	-.-	2500 ± 10	-.-				
6,3 mm (1/4")	4,75 mm (N°4)	-.-	-.-	2500 ± 10	-.-				
4,75 mm (N°4)	2,36 mm (N°8)	-.-	-.-		5000				
TOTAL		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5003	5001	5001	5005
PESO RETENIDO EN LA MALLA N° 12						2892	2786	2812	2852
% DE DESGASTE						42.19	44.29	43.77	43.02
PROMEDIO						43.32			

**PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE LA MEZCLA DE MATERIALES 60% DE LA CANTERA EL GUITARRERO Y 40% DE PIEDRA CHANCADA DEL RÍO CHONTA**

**ENSAYO:** Análisis granulométrico, mezcla de materiales 60% de la cantera El Guitarrero y 40% de piedra chancada del Río Chonta.

Peso seco total de la muestra: 10000 g.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
TAMIZ		PESO RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUM.	% QUE PASA
Nº	ABERTURA (mm)				
3"	75.00	0	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.00	0	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0	0.00	0.00	100.00
1 ½"	37.50	364	3.64	3.64	96.36
1"	25.40	796	7.96	11.60	88.40
¾"	19.00	432	4.32	15.92	84.08
½"	12.50	1881	18.81	34.73	65.27
⅜"	9.50	1772	17.72	52.45	47.55
¼"	6.35	933	9.33	61.78	38.22
Nº4	4.75	721	7.21	68.99	<b>31.01</b>
N 10	2.00	968	9.68	78.67	<b>21.33</b>
N 20	0.85	416	4.16	82.83	17.17
N 30	0.60	168	1.68	84.51	15.49
N 40	0.43	99	0.99	85.50	<b>14.50</b>
N 60	0.25	122	1.22	86.72	13.28
N 100	0.15	266	2.66	89.38	10.62
N 200	0.08	434	4.34	93.72	<b>6.28</b>
CAZOLETA	--	628.00	6.28	100.00	<b>0.00</b>
TOTAL		10000			



COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Y COEFICIENTE DE CURVATURA		
D10= 0.14	D30= 4.5	D60= 11.3
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD (Cu)		COEFICIENTE DE CURVATURA (Cc)
80.71		12.80
CLASIFICACION AASHTO:		A-1a(0)
CLASIFICACION SUCS:		GP-GM



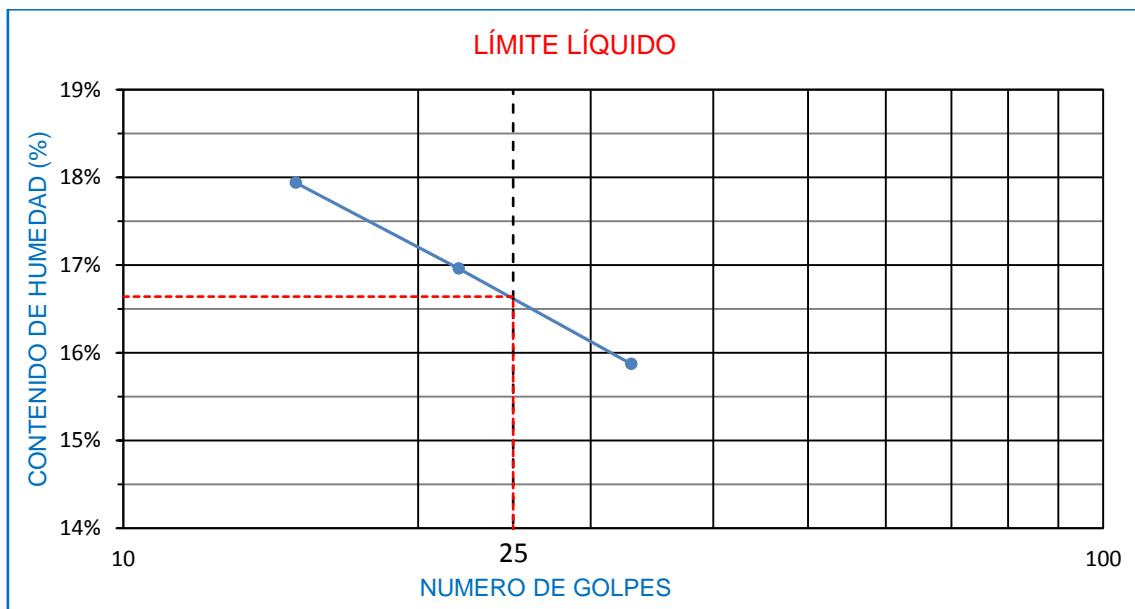


**MUESTRA 01: MEZCLA DE MATERIALES 60% DE LA CANTERA EL GUITARRERO Y 40% DE PIEDRA CHANCADA DEL RÍO CHONTA**

**ENSAYO:** Límites de Atterberg, muestra N° 01, mezcla de materiales 60% de la cantera el guitarrero y 40% de piedra chancada del río chonta.

LÍMITE LÍQUIDO			
TARA N°	1	2	3
Wt+M. Húmeda (g)	44.48	41.89	45.56
Wt+M. Seca (g)	41.87	39.56	43.13
W tara (g)	27.32	25.82	27.82
W agua (g)	2.61	2.33	2.43
W M. Seca(g)	14.55	13.74	15.31
W (%)	17.94%	16.96%	15.87%
N° GOLPES	15	22	33

LÍMITE PLÁSTICO			
TARA N°	1	2	PROM.
Wt+M. Húmeda (g)			
Wt+M. Seca (g)			
W tara (g)			
W agua (g)			
W M. Seca (g)			
W (%)			NP



Determinamos los límites de Atterberg:

**Límite líquido: 17%**

**Límite plástico: NP**

**Índice plástico: NP**

**ENSAYO:** Pactor Modificado, muestra N°01, mezcla de materiales 60% de la cantera El Guitarrero y 40% de piedra chancada del Río Chonta.

DENSIDAD	NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	5
	N° de capas	5	5	5	5	5
	N° de golpes por capa	56	56	56	56	56
	W Húmedo + W Molde (g)	11056	11194	11360	11424	11405
	W del molde (g)	6295	6295	6295	6295	6295
	W Húmedo (g)	4761	4899	5065	5129	5110
	volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2225	2225	2225	2225	2225
	<b>Densidad Húmeda (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.140</b>	<b>2.202</b>	<b>2.276</b>	<b>2.305</b>	<b>2.297</b>

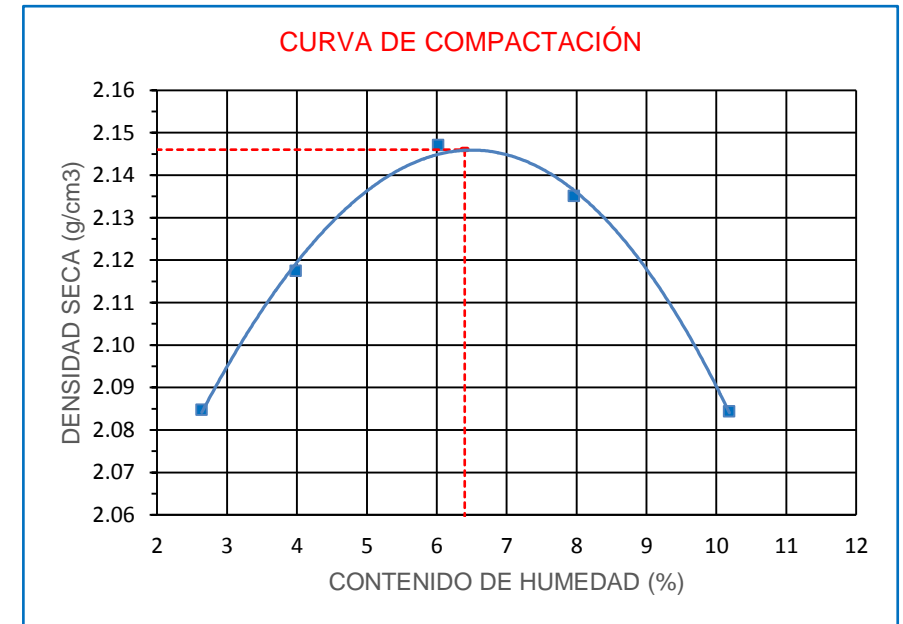
METODO DE ENSAYO:	<b>C</b>
DIAMETRO DEL MOLDE:	6"
ENERGÍA DE COMPACTACIÓN:	30.75 Kg-cm/cm <sup>3</sup>
N° CAPAS	5
N° DE GOLPES	56
PESO DEL PISÓN (Kg)	4.418
ALTURA DE CAIDA DEL PISÓN (cm)	55.3
VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> )	2225

HUMEDAD	ENSAYO	1		2		3		4		5	
	W M. Húmeda + W Tara (g)	1193	622	913	604	529	436	645	1316	1166	552
	W M. Seca + W Tara (g)	1182	610	889	586	505	416	607	1277	1131	512
	W Tara (g)	782	135	283	137	103	87	135	782	784	123
	W Agua (g)	11	12	24	18	24	20	38	39	35	40
	W Muestra Seca (g)	400	475	606	449	402	329	472	495	347	389
	Contenido de Humedad (%)	2.75	2.53	3.96	4.01	5.97	6.08	8.05	7.88	10.09	10.28
	<b>C. de Humedad (%) Prom.</b>	<b>2.64</b>	<b>3.98</b>	<b>6.02</b>	<b>7.96</b>	<b>10.18</b>					
<b>DENSIDAD SECA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.085</b>	<b>2.117</b>	<b>2.147</b>	<b>2.135</b>	<b>2.084</b>						

Determinamos la densidad máxima seca y el contenido óptimo de humedad:

**Densidad máxima seca: 2.146 g/cm<sup>3</sup>**

**Contenido óptimo de humedad: 6.40 %**



**ENSAYO:** Ensayo California Bearing Ratio (CBR), muestra N° 01, mezcla de materiales 60% de la cantera El Guitarrero con 40% de piedra chancada del Río Chonta.

<b>COMPACTACIÓN</b>										
N° Golpes por capa	13			27			56			
N° Capas	5			5			5			
Altura de molde (mm)	126			126			126			
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>	<b>ANTES DE SATURAR</b>		<b>DESPUES SATURAR</b>		<b>ANTES DE SATURAR</b>		<b>DESPUES SATURAR</b>		<b>ANTES DE SATURAR</b>	
W Húmedo + W Molde (g)	12777		12828		11805		11853		13111	
W Molde (g)	7807		7807		6625		6625		7772	
Volumen del Molde (cm3)	2308		2308		2324		2324		2328	
W Húmedo (g)	4970		5021		5180		5228		5339	
Densidad Húmeda (g/cm3)	2.153		2.175		2.229		2.250		2.293	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>										
<b>TARA N°</b>	<b>12-A</b>	<b>12-B</b>	<b>12-C</b>	<b>25-A</b>	<b>25-B</b>	<b>25-C</b>	<b>56-A</b>	<b>56-B</b>	<b>56-C</b>	
W Tara + Muestra Húmeda (g)	552	692	840	421	479	502	1412	1394	825	
W Tara + Muestra Seca (g)	525	659	792	400	455	473	1374	1357	785	
W tara (g)	103	157	155	80	88	87	782	784	253	
W agua (g)	27	33	48	21	24	29	38	37	40	
W Muestra Seca(g)	422	502	637	320	367	386	592	573	532	
<b>Contenido de Humedad (%)</b>	<b>6.40</b>	<b>6.57</b>	<b>7.54</b>	<b>6.56</b>	<b>6.54</b>	<b>7.51</b>	<b>6.42</b>	<b>6.46</b>	<b>7.52</b>	
<b>C. Humedad Promedio (%)</b>	<b>6.49</b>		<b>7.54</b>	<b>6.55</b>		<b>7.51</b>	<b>6.44</b>		<b>7.52</b>	
<b>DENSIDAD SECA (gr/cm3)</b>	<b>2.022</b>		<b>2.023</b>	<b>2.092</b>		<b>2.092</b>	<b>2.155</b>		<b>2.157</b>	
<b>ENSAYO DE EXPANSIÓN</b>										
<b>TIEMPO ACUMULADO</b>		<b>PRESIÓN 13 GOLPES</b>			<b>PRESIÓN 27 GOLPES</b>			<b>PRESIÓN 56 GOLPES</b>		
		<b>LECTURA</b>	<b>EXPANSIÓN</b>		<b>LECTURA</b>	<b>EXPANSIÓN</b>		<b>LECTURA</b>	<b>EXPANSIÓN</b>	
<b>HORAS</b>	<b>DIAS</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>
0	0	NO EXPANSIVO								
21	1									
48	2									
72	3									
96	4									

(...Va)

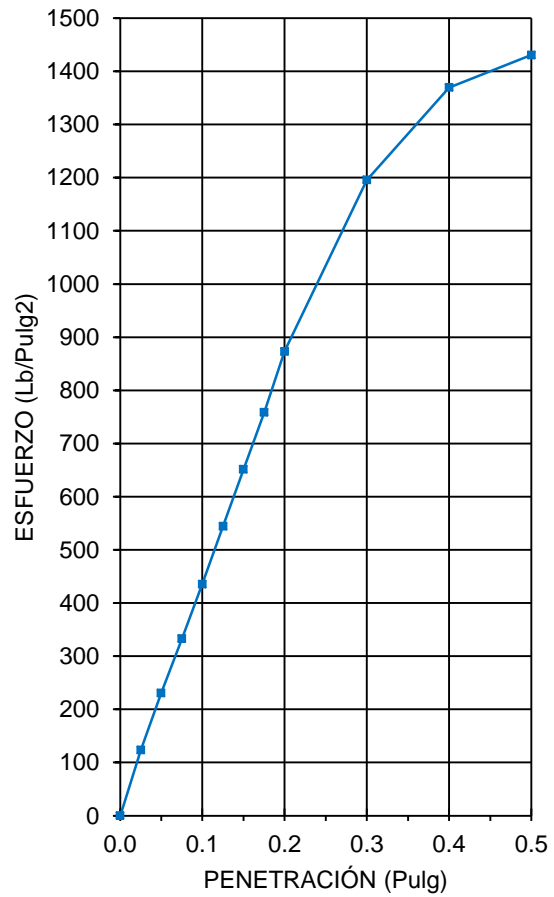
(Viene...)

**ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN**

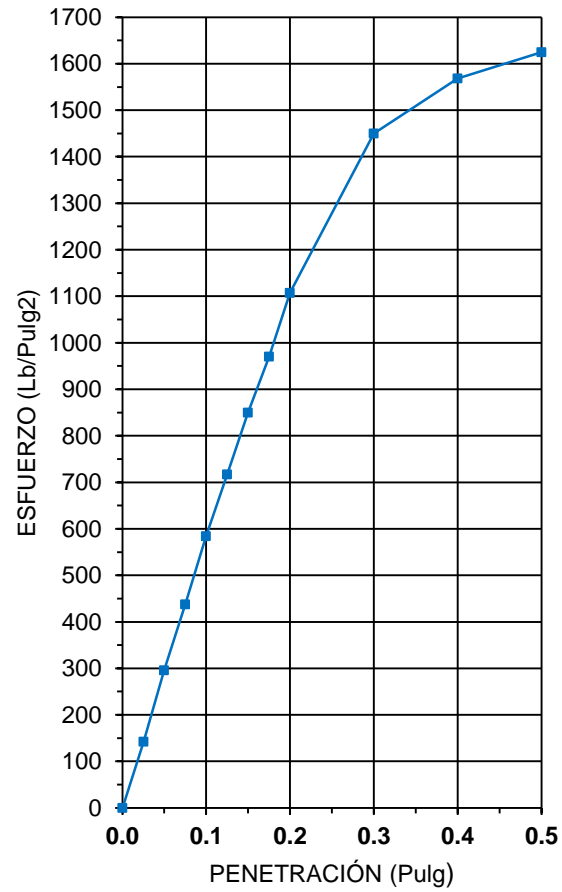
PENETRACIÓN		PRESIÓN		AREA DEL PISTON
mm	Pulg.	Kg/cm2	Lb/pulg2	cm2
2.54	0.10	70.31	1000	<b>20.27</b>
5.08	0.20	105.46	1500	

PENETRACIÓN		PRESIÓN 13 GOLPES			PRESIÓN 27 GOLPES			PRESIÓN 56 GOLPES		
mm	pulg.	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
		Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2	Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2	Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2
0	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
0.64	0.025	175.60	8.66	123.22	202.90	10.01	142.38	241.70	11.93	169.61
1.27	0.050	328.70	16.22	230.66	421.80	20.81	295.99	505.60	24.95	354.79
1.91	0.075	474.60	23.42	333.04	623.60	30.77	437.59	768.10	37.90	538.99
<b>2.54</b>	<b>0.100</b>	<b>620.50</b>	<b>30.61</b>	<b>435.42</b>	<b>832.00</b>	<b>41.05</b>	<b>583.83</b>	<b>1014.40</b>	<b>50.05</b>	<b>711.83</b>
3.18	0.125	775.70	38.27	544.33	1022.00	50.42	717.16	1262.10	62.27	885.64
3.81	0.150	928.20	45.80	651.34	1210.80	59.74	849.65	1503.40	74.17	1054.97
4.45	0.175	1081.10	53.34	758.63	1382.40	68.21	970.06	1717.50	84.74	1205.21
<b>5.08</b>	<b>0.200</b>	<b>1244.40</b>	<b>61.40</b>	<b>873.22</b>	<b>1578.10</b>	<b>77.86</b>	<b>1107.39</b>	<b>1961.60</b>	<b>96.78</b>	<b>1376.50</b>
7.62	0.300	1703.90	84.07	1195.67	2066.60	101.96	1450.18	2796.80	137.99	1962.58
10.16	0.400	1951.70	96.29	1369.55	2234.90	110.27	1568.28	3100.70	152.98	2175.83
12.7	0.500	2038.90	100.60	1430.74	2315.50	114.24	1624.84	3257.40	160.71	2285.79

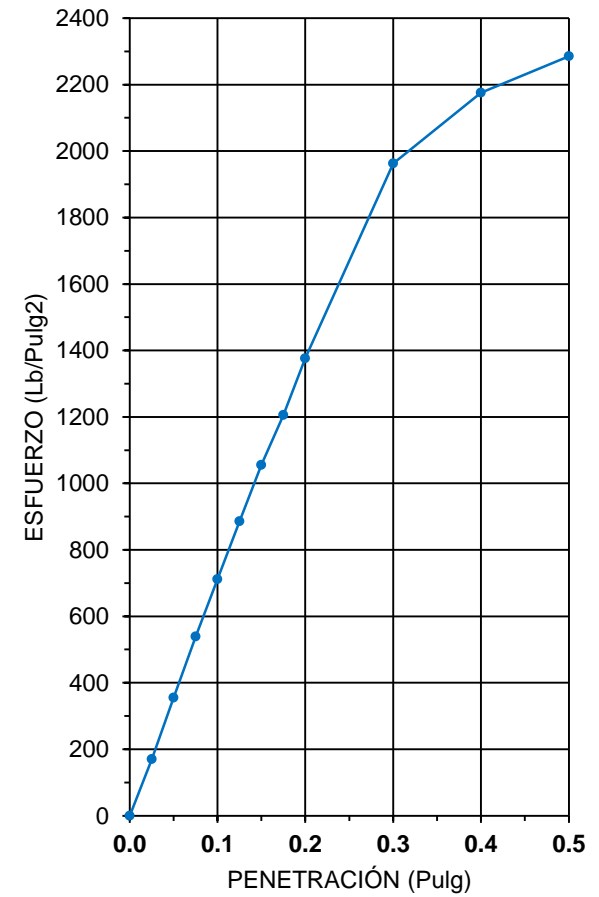
CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN  
(13 GOLPES)



CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN  
(27 GOLPES)

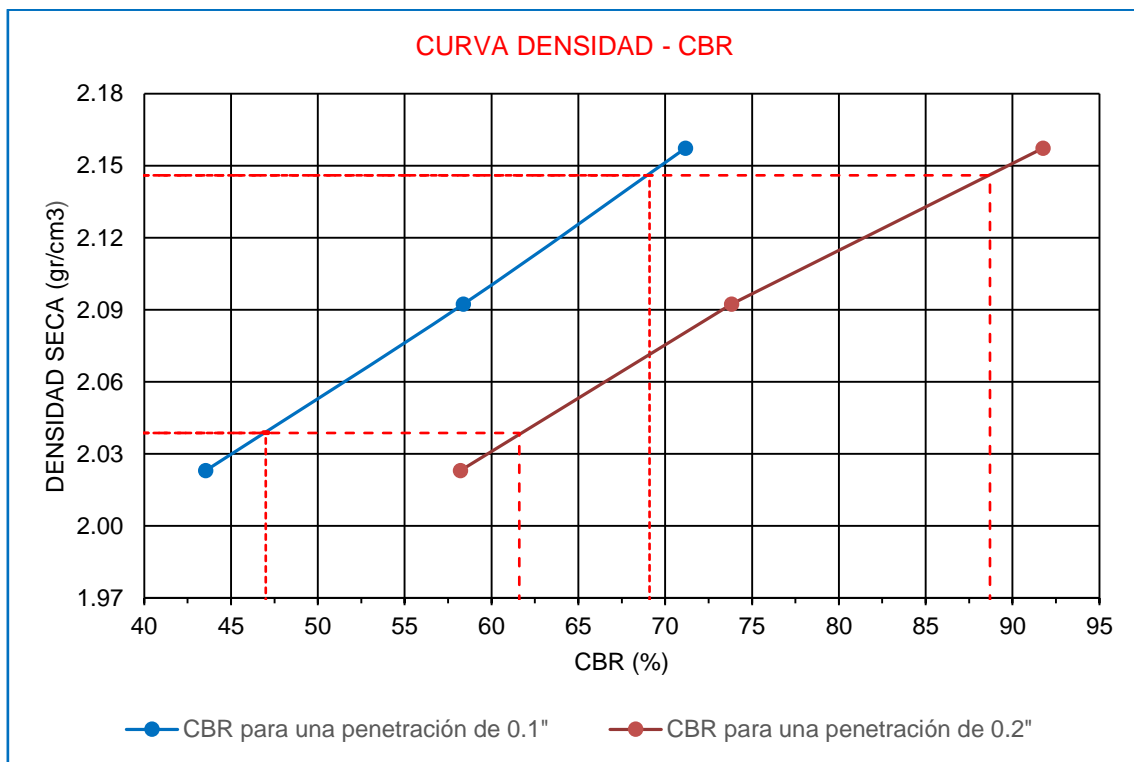


CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN  
(56 GOLPES)



Valores del CBR para penetraciones de 0.1" y 0.2", muestra N° 01, mezcla de materiales 60% de la cantera El Guitarrero y 40% de piedra chancada del Río Chonta.

N° DE GOLPES	VALORES DEL CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.1"			VALORES DEL CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.2"		
	ESFUERZO	CBR	DENSIDAD SECA	ESFUERZO	CBR	DENSIDAD SECA
	Lb/Pulg2	%	g/cm3	Lb/Pulg2	%	g/cm3
PRESIÓN 13 GOLPES	435.42	43.54	2.02	873.22	58.21	2.023
PRESIÓN 27 GOLPES	583.83	58.38	2.09	1107.39	73.83	2.092
PRESIÓN 56 GOLPES	711.83	71.18	2.16	1376.50	91.77	2.157



Del gráfico determinamos los valores del CBR al 100% y 95% de la densidad máxima seca para penetraciones de 0.1" y 0.2" respectivamente:

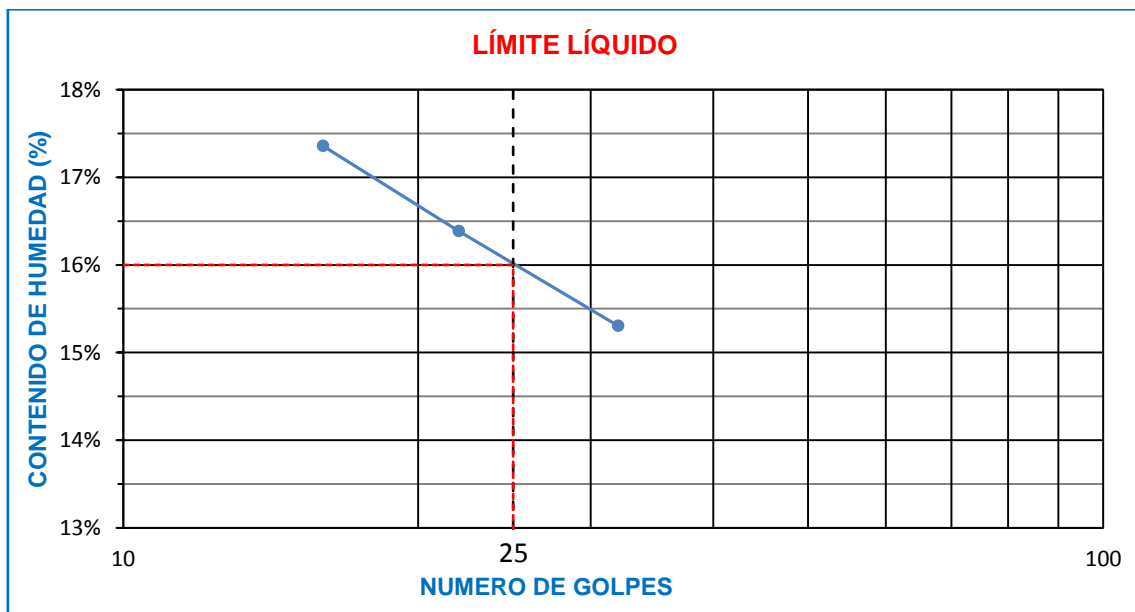
C.B.R. para una penetración de 0.1" al 100% de la densidad máxima seca	69.10%
C.B.R. para una penetración de 0.1" al 95% de la densidad máxima seca	47.00%
C.B.R. para una penetración de 0.2" al 100% de la densidad máxima seca	88.70%
C.B.R. para una penetración de 0.2" al 95% de la densidad máxima seca	61.60%

**MUESTRA 02: MEZCLA DE MATERIALES 60% DE LA CANTERA EL GUITARRERO Y 40% DE PIEDRA CHANCADA DEL RÍO CHONTA**

**ENSAYO:** Límites de Atterberg, muestra N° 02, mezcla de materiales 60% de la cantera el guitarrero y 40% de piedra chancada del río chonta.

LÍMITE LÍQUIDO			
TARA N°	1	2	3
Wt+M. Húmeda (g)	<b>44.68</b>	<b>43.66</b>	<b>45.42</b>
Wt+M. Seca (g)	<b>42.13</b>	<b>41.14</b>	<b>43.10</b>
W tara (g)	<b>27.44</b>	<b>25.76</b>	<b>27.94</b>
W agua (g)	2.55	2.52	2.32
W M. Seca(g)	14.69	15.38	15.16
W (%)	17.36%	16.38%	15.30%
N° GOLPES	<b>16</b>	<b>22</b>	<b>32</b>

LÍMITE PLÁSTICO			
TARA N°	1	2	PROM.
Wt+M. Húmeda (g)			
Wt+M. Seca (g)			
W tara (g)			
W agua (g)			
W M. Seca (g)			
W (%)			NP



Determinamos los límites de Atterberg:

**Límite líquido: 16%**

**Límite plástico: NP**

**Índice plástico: NP**

**ENSAYO:** Pactor Modificado, muestra N°02, mezcla de materiales 60% de la cantera El Guitarrero y 40% de piedra chancada del Río Chonta.

DENSIDAD	NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	5
	N° de capas	5	5	5	5	5
	N° de golpes por capa	56	56	56	56	56
	W Húmedo + W Molde (g)	11078	11272	11406	11467	11457
	W del molde (g)	6295	6295	6295	6295	6295
	W Húmedo (g)	4783	4977	5111	5172	5162
	volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2225	2225	2225	2225	2225
	<b>Densidad Húmeda (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.150</b>	<b>2.237</b>	<b>2.297</b>	<b>2.324</b>	<b>2.320</b>

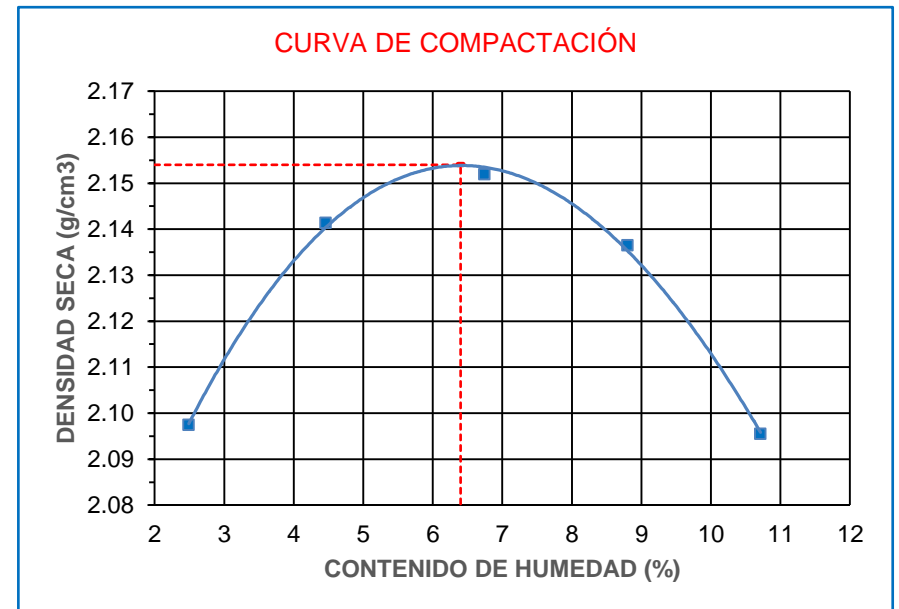
METODO DE ENSAYO:	<b>C</b>
DIAMETRO DEL MOLDE:	6"
ENERGÍA DE COMPACTACIÓN:	30.75 Kg-cm/cm <sup>3</sup>
N° CAPAS	5
N° DE GOLPES	56
PESO DEL PISÓN (Kg)	4.418
ALTURADE CAIDA DEL PISÓN (cm)	55.3
VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> )	2225

HUMEDAD	ENSAYO	1		2		3		4		5	
	W M. Húmeda + W Tara (g)	674	624	1331	1244	536	587	712	852	398	402
	W M. Seca + W Tara (g)	661	612	1308	1224	511	556	664	806	368	372
	W Tara (g)	135	134	782	784	135	103	123	279	87	93
	W Agua (g)	13	12	23	20	25	31	48	46	30	30
	W Muestra Seca (g)	526	478	526	440	376	453	541	527	281	279
	Contenido de Humedad (%)	2.47	2.51	4.37	4.55	6.65	6.84	8.87	8.73	10.68	10.75
	<b>C. de Humedad (%) Prom.</b>	<b>2.49</b>	<b>2.51</b>	<b>4.46</b>	<b>4.55</b>	<b>6.75</b>	<b>6.84</b>	<b>8.87</b>	<b>8.73</b>	<b>10.68</b>	<b>10.75</b>
<b>DENSIDAD SECA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.097</b>	<b>2.097</b>	<b>2.141</b>	<b>2.141</b>	<b>2.152</b>	<b>2.152</b>	<b>2.136</b>	<b>2.136</b>	<b>2.095</b>	<b>2.095</b>	

Determinamos la densidad máxima seca y el contenido óptimo de humedad:

**Densidad seca máxima: 2.154 g/cm<sup>3</sup>**

**Contenido óptimo de humedad: 6.40 %**





**ENSAYO:** Ensayo California Bearing Ratio (CBR), muestra N° 02, mezcla de materiales 60% de la cantera El Guitarrero y 40% de piedra chancada del Río Chonta.

COMPACTACIÓN CBR										
N° Golpes por capa	13			27			56			
N° Capas	5			5			5			
Altura de molde (mm)	126			126			126			
CONDICIONES DE LA MUESTRA	ANTES DE SATURAR		DESPUES SATURAR	ANTES DE SATURAR		DESPUES SATURAR	ANTES DE SATURAR		DESPUES SATURAR	
W Húmedo + W Molde (g)	12788		12838	11856		11917	13166		13218	
W Molde (g)	7807		7807	6625		6625	7772		7772	
Volumen del Molde (cm3)	2308		2308	2324		2324	2328		2328	
W Húmedo (g)	4981		5031	5231		5292	5394		5446	
Densidad Húmeda (g/cm3)	2.158		2.180	2.251		2.277	2.317		2.339	
CONTENIDO DE HUMEDAD										
TARA N°	12-A	12-B	12-C	25-A	25-B	25-C	56-A	56-B	56-C	
W Tara + Muestra Húmeda (g)	681	552	486	671	1293	1322	438	844	468	
W Tara + Muestra Seca (g)	648	525	458	640	1262	1284	416	802	441	
W tara (g)	153	103	87	157	782	784	80	155	88	
W agua (g)	33	27	28	31	31	38	22	42	27	
W Muestra Seca(g)	495	422	371	483	480	500	336	647	353	
Contenido de Humedad (%)	6.67	6.40	7.55	6.42	6.46	7.60	6.55	6.49	7.65	
C. Humedad Promedio (%)	6.53		7.55	6.44		7.60	6.52		7.65	
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	2.026		2.027	2.115		2.116	2.175		2.173	
ENSAYO DE EXPANSIÓN										
TIEMPO ACUMULADO		PRESIÓN 13 GOLPES			PRESIÓN 27 GOLPES			PRESIÓN 56 GOLPES		
		LECTURA	EXPANSIÓN		LECTURA	EXPANSIÓN		LECTURA	EXPANSIÓN	
HORAS	DIAS	DEFORM.	mm	%	DEFORM.	mm	%	DEFORM.	mm	%
0	0	NO EXPANSIVO								
21	1									
48	2									
72	3									
96	4									

(...Va)

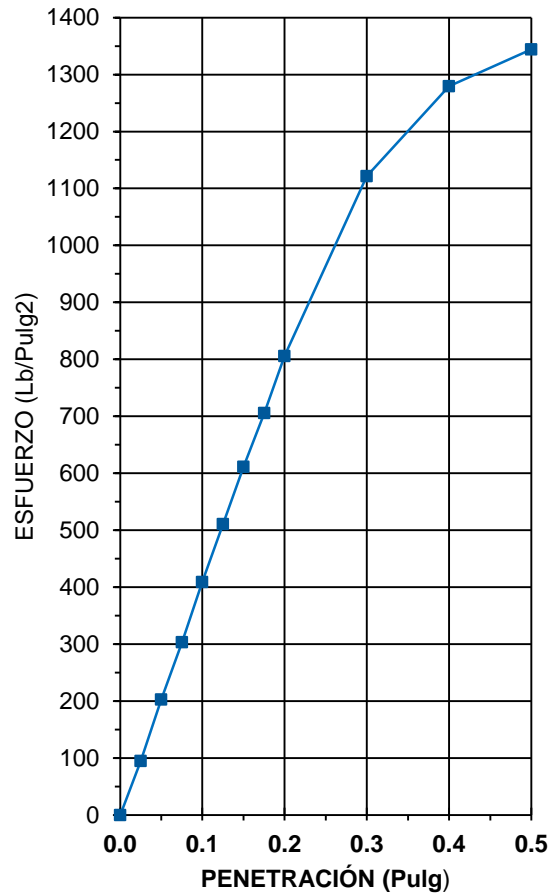
(Viene...)

**ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN**

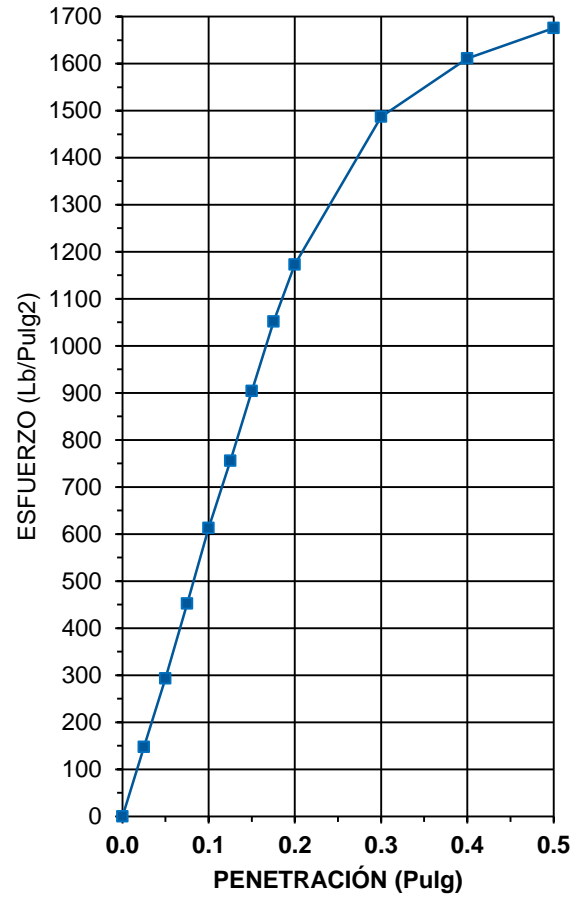
PENETRACIÓN		PRESIÓN		AREA DEL PISTÓN
mm	Pulg.	Kg/cm2	Lb/pulg2	cm2
2.54	0.10	70.31	1000	<b>20.27</b>
5.08	0.20	105.46	1500	

PENETRACIÓN		PRESIÓN 13 GOLPES			PRESIÓN 27 GOLPES			PRESIÓN 56 GOLPES		
mm	pulg.	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
		Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2	Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2	Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2
0	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	135.60	6.69	95.15	209.80	10.35	147.22	259.60	12.81	182.17
1.27	0.050	289.30	14.27	203.01	418.00	20.62	293.32	511.20	25.22	358.72
1.91	0.075	432.80	21.35	303.71	644.50	31.80	452.26	795.40	39.24	558.15
<b>2.54</b>	<b>0.100</b>	<b>583.10</b>	<b>28.77</b>	<b>409.17</b>	<b>873.20</b>	<b>43.08</b>	<b>612.74</b>	<b>1060.40</b>	<b>52.32</b>	<b>744.11</b>
3.18	0.125	728.20	35.93	510.99	1077.30	53.15	755.97	1280.50	63.18	898.56
3.81	0.150	871.50	43.00	611.55	1288.40	63.57	904.10	1525.90	75.29	1070.76
4.45	0.175	1005.80	49.62	705.79	1498.40	73.93	1051.46	1757.60	86.72	1233.35
<b>5.08</b>	<b>0.200</b>	<b>1148.60</b>	<b>56.67</b>	<b>806.00</b>	<b>1671.70</b>	<b>82.48</b>	<b>1173.07</b>	<b>1978.20</b>	<b>97.60</b>	<b>1388.15</b>
7.62	0.300	1598.10	78.85	1121.42	2118.80	104.54	1486.81	2774.60	136.89	1947.00
10.16	0.400	1823.20	89.95	1279.38	2295.70	113.27	1610.95	3169.40	156.37	2224.04
12.7	0.500	1915.60	94.51	1344.22	2387.80	117.81	1675.57	3324.30	164.01	2332.74

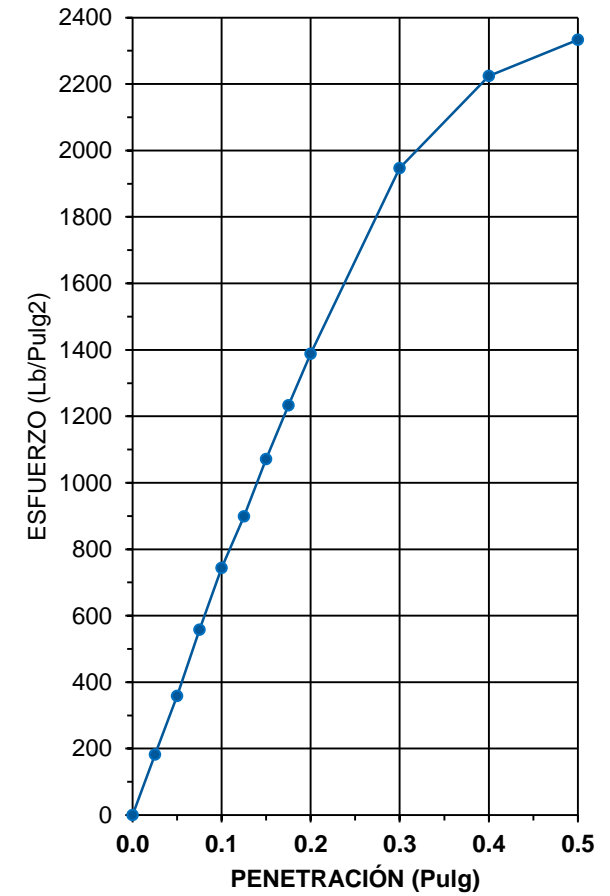
CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN  
(13 GOLPES)



CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN  
(27 GOLPES)

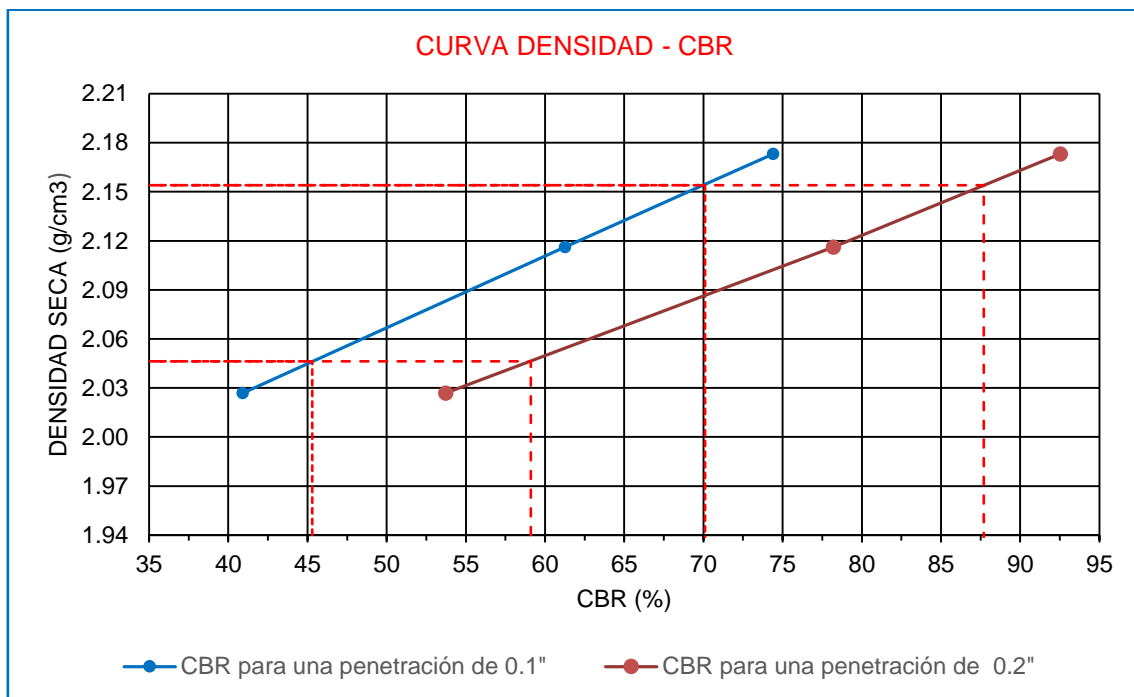


CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN  
(56 GOLPES)



Valores del CBR para penetraciones de 0.1" y 0.2", muestra N° 02, mezcla de materiales 60% de la cantera El Guitarrero con 40% de piedra chancada del Río Chonta.

N° DE GOLPES	VALORES DEL CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.1"			VALORES DEL CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.2"		
	ESFUERZO	CBR	DENSIDAD SECA	ESFUERZO	CBR	DENSIDAD SECA
	Lb/Pulg2	%	g/cm3	Lb/Pulg2	%	g/cm3
PRESIÓN 13 GOLPES	409.17	40.92	2.03	806.00	53.73	2.03
PRESIÓN 27 GOLPES	612.74	61.27	2.12	1173.07	78.20	2.12
PRESIÓN 56 GOLPES	744.11	74.41	2.17	1388.15	92.54	2.17



Del gráfico determinamos los valores del CBR al 100% y 95% de la densidad máxima seca para penetraciones de 0.1" y 0.2" respectivamente:

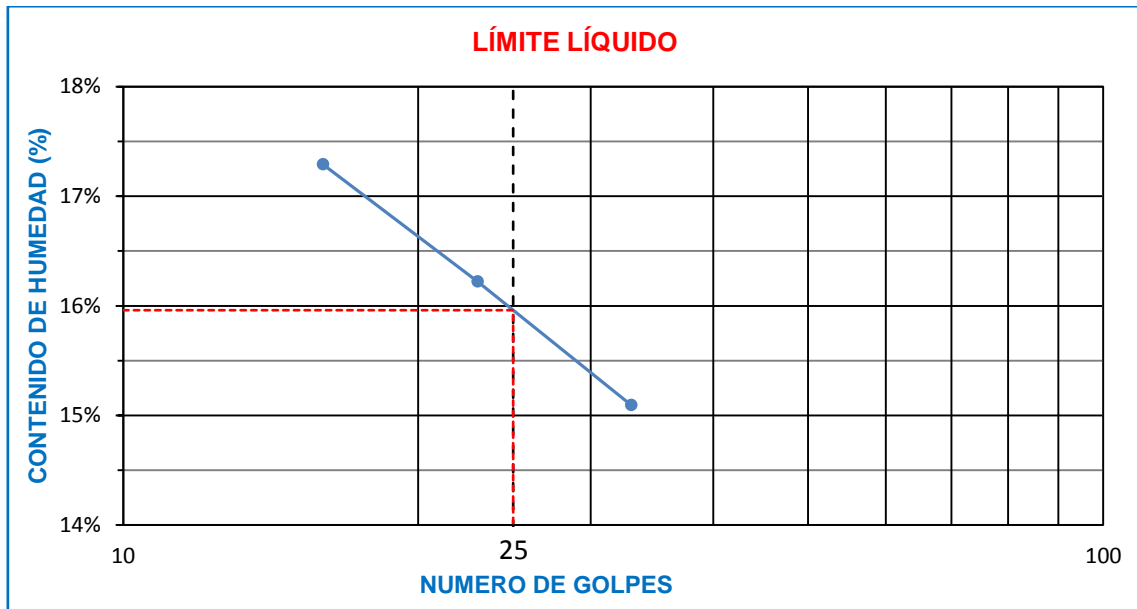
C.B.R. para una penetración de 0.1" al 100% de la densidad máxima seca	70.10%
C.B.R. para una penetración de 0.1" al 95% de la densidad máxima seca	45.30%
C.B.R. para una penetración de 0.2" al 100% de la densidad máxima seca	87.70%
C.B.R. para una penetración de 0.2" al 95% de la densidad máxima seca	59.10%

**MUESTRA 03: MEZCLA DE MATERIALES 60% DE LA CANTERA EL GUITARRERO Y 40% DE PIEDRA CHANCADA DEL RÍO CHONTA**

**ENSAYO:** Límites de Atterberg, muestra N° 03, mezcla de materiales 60% de la cantera el guitarrero y 40% de piedra chancada del río chonta.

LÍMITE LÍQUIDO			
TARA N°	1	2	3
Wt+M. Húmeda (g)	48.12	45.34	45.55
Wt+M. Seca (g)	45.76	43.09	43.28
W tara (g)	32.11	29.22	28.24
W agua (g)	2.36	2.25	2.27
W M. Seca(g)	13.65	13.87	15.04
W (%)	17.29%	16.22%	15.09%
N° GOLPES	16	23	33

LÍMITE PLÁSTICO			
TARA N°	1	2	PROM.
Wt+M. Húmeda (g)			
Wt+M. Seca (g)			
W tara (g)			
W agua (g)			
W M. Seca (g)			
W (%)			NP



Determinamos los límites de Atterberg:

**Límite líquido: 16%**

**Límite plástico: NP**

**Índice plástico: NP**

**ENSAYO:** Pactor Modificado, muestra N°03, mezcla de materiales 60% de la cantera El Guitarrero y 40% de piedra chancada del Río Chonta.

DENSIDAD	NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	5
	N° de capas	5	5	5	5	5
	N° de golpes por capa	56	56	56	56	56
	W Húmedo + W Molde (g)	11013	11224	11338	11417	11418
	W del molde (g)	6295	6295	6295	6295	6295
	W Húmedo (g)	4718	4929	5043	5122	5123
	volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2225	2225	2225	2225	2225
	<b>Densidad Húmeda (g/cm<sup>3</sup>)</b>	2.120	2.215	2.267	2.302	2.302

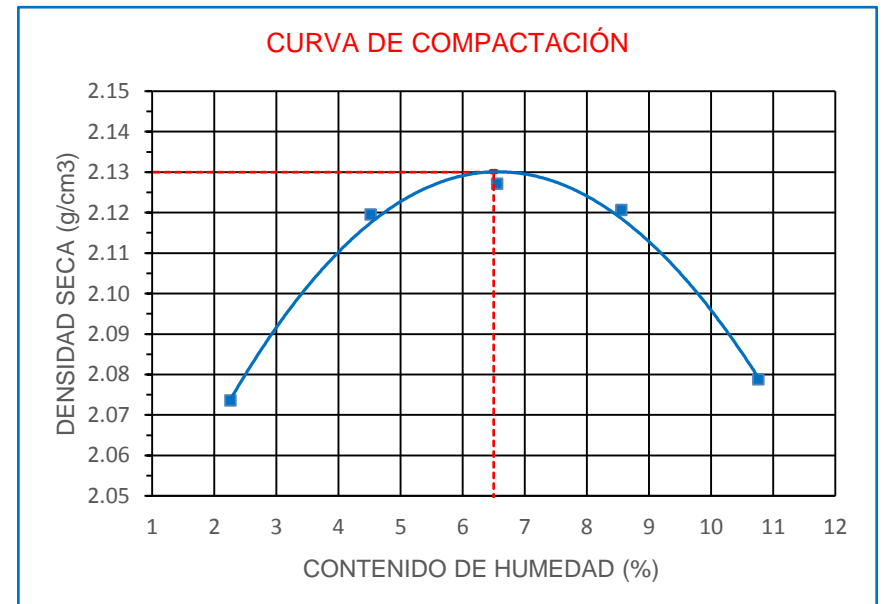
METODO DE ENSAYO:	<b>C</b>
DIAMETRO DEL MOLDE:	6"
ENERGÍA DE COMPACTACIÓN:	30.75 Kg-cm/cm <sup>3</sup>
N° CAPAS	5
N° DE GOLPES	56
PESO DEL PISÓN (Kg)	4.418
ALTURADE CAIDA DEL PISÓN (cm)	55.3
VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> )	2225

HUMEDAD	ENSAYO	1		2		3		4		5	
	W M. Húmeda + W Tara (g)	425	522	861	674	646	533	863	972	1156	1263
	W M. Seca + W Tara (g)	418	513	836	650	614	507	806	917	1120	1216
	W Tara (g)	93	134	279	123	135	103	135	279	782	784
	W Agua (g)	7	9	25	24	32	26	57	55	36	47
	W Muestra Seca (g)	325	379	557	527	479	404	671	638	338	432
	Contenido de Humedad (%)	2.15	2.37	4.49	4.55	6.68	6.44	8.49	8.62	10.65	10.88
	<b>C. de Humedad (%) Prom.</b>	<b>2.26</b>	<b>4.52</b>	<b>6.56</b>	<b>8.56</b>	<b>10.77</b>					
<b>DENSIDAD SECA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.074</b>	<b>2.119</b>	<b>2.127</b>	<b>2.121</b>	<b>2.079</b>						

Determinamos la densidad máxima seca y el contenido óptimo de humedad:

**Densidad seca máxima: 2.13 g/cm<sup>3</sup>**

**Contenido óptimo de humedad: 6.50 %**



**ENSAYO:** Ensayo California Bearing Ratio (CBR), muestra N° 03, mezcla de materiales 60% de la cantera El Guitarrero y 40% de piedra chancada del Río Chonta.

<b>COMPACTACIÓN CBR</b>										
N° Golpes por capa	13			27			56			
N° Capas	5			5			5			
Altura de molde (mm)	126			126			126			
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>	<b>ANTES DE SATURAR</b>		<b>DESPUES SATURAR</b>		<b>ANTES DE SATURAR</b>		<b>DESPUES SATURAR</b>		<b>ANTES DE SATURAR</b>	
W Húmedo + W Molde (g)	12704		12752		11748		11796		13088	
W Molde (g)	7807		7807		6625		6625		7772	
Volumen del Molde (cm3)	2308		2308		2324		2324		2328	
W Húmedo (g)	4897		4945		5123		5171		5316	
Densidad Húmeda (g/cm3)	2.122		2.143		2.204		2.225		2.284	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>										
<b>TARA N°</b>	<b>12-A</b>	<b>12-B</b>	<b>12-C</b>	<b>25-A</b>	<b>25-B</b>	<b>25-C</b>	<b>56-A</b>	<b>56-B</b>	<b>56-C</b>	
W Tara + Muestra Húmeda (g)	1502	1445	698	602	466	422	754	633	702	
W Tara + Muestra Seca (g)	1457	1404	659	571	442	398	715	600	663	
W tara (g)	784	782	153	103	88	80	135	107	138	
W agua (g)	45	41	39	31	24	24	39	33	39	
W Muestra Seca(g)	673	622	506	468	354	318	580	493	525	
<b>Contenido de Humedad (%)</b>	<b>6.69</b>	<b>6.59</b>	<b>7.71</b>	<b>6.62</b>	<b>6.78</b>	<b>7.55</b>	<b>6.72</b>	<b>6.69</b>	<b>7.43</b>	
<b>C. Humedad Promedio (%)</b>	<b>6.64</b>		<b>7.71</b>	<b>6.70</b>		<b>7.55</b>	<b>6.71</b>		<b>7.43</b>	
<b>DENSIDAD SECA (g/cm3)</b>	<b>1.990</b>		<b>1.989</b>	<b>2.066</b>		<b>2.069</b>	<b>2.140</b>		<b>2.143</b>	
<b>ENSAYO DE EXPANSIÓN</b>										
<b>TIEMPO ACUMULADO</b>		<b>PRESIÓN 13 GOLPES</b>			<b>PRESIÓN 27 GOLPES</b>			<b>PRESIÓN 56 GOLPES</b>		
		<b>LECTURA</b>	<b>EXPANSIÓN</b>		<b>LECTURA</b>	<b>EXPANSIÓN</b>		<b>LECTURA</b>	<b>EXPANSIÓN</b>	
<b>HORAS</b>	<b>DIAS</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>
0	0	NP								
21	1									
48	2									
72	3									
96	4									

(Viene...)

(...Va)

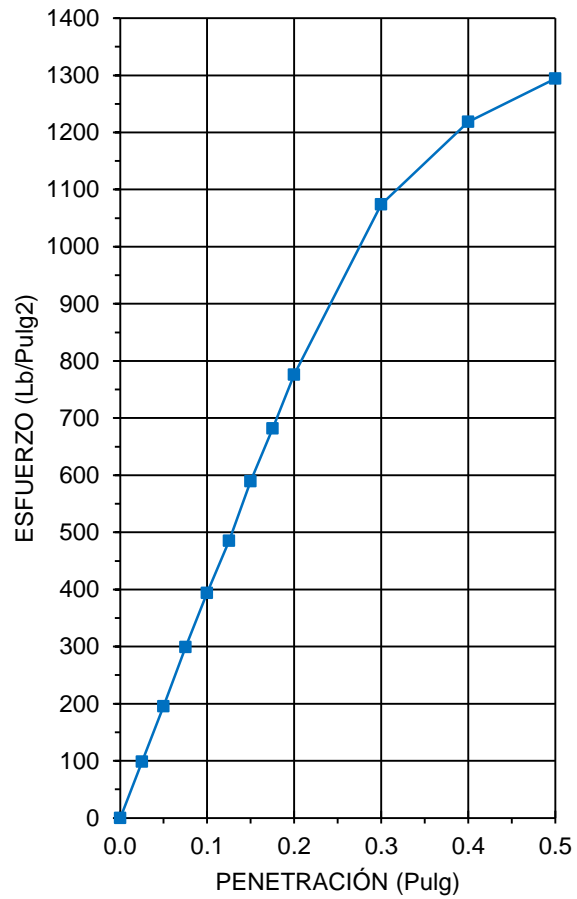
**ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN		PRESIÓN		AREA DEL PISTÓN
mm	Pulg.	Kg/cm2	Lb/pulg2	cm2
2.54	0.10	70.31	1000	<b>20.27</b>
5.08	0.20	105.46	1500	

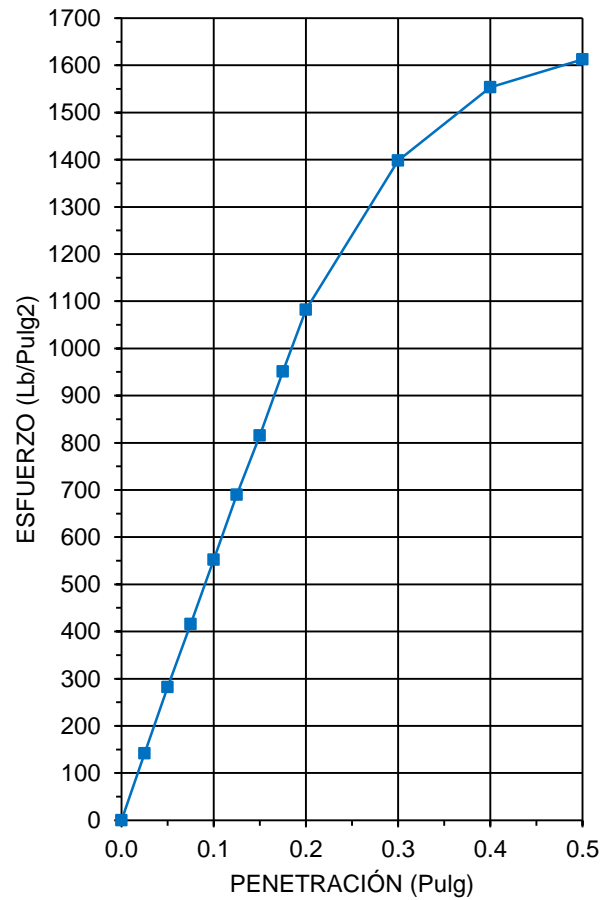
PENETRACIÓN		PRESIÓN 13 GOLPES			PRESIÓN 27 GOLPES			PRESIÓN 56 GOLPES		
mm	pulg.	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
		Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2	Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2	Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2
0	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	140.60	6.94	98.66	201.90	9.96	141.68	270.30	13.34	189.68
1.27	0.050	278.50	13.74	195.43	402.30	19.85	282.30	502.40	24.79	352.55
1.91	0.075	426.20	21.03	299.07	592.40	29.23	415.70	765.50	37.77	537.17
<b>2.54</b>	<b>0.100</b>	<b>561.00</b>	<b>27.68</b>	<b>393.67</b>	<b>787.10</b>	<b>38.83</b>	<b>552.33</b>	<b>1020.70</b>	<b>50.36</b>	<b>716.25</b>
3.18	0.125	690.80	34.08	484.75	983.40	48.52	690.07	1245.20	61.44	873.79
3.81	0.150	839.40	41.41	589.03	1161.70	57.32	815.19	1491.30	73.58	1046.48
4.45	0.175	971.80	47.95	681.93	1355.20	66.86	950.97	1706.20	84.18	1197.28
<b>5.08</b>	<b>0.200</b>	<b>1105.40</b>	<b>54.54</b>	<b>775.68</b>	<b>1541.90</b>	<b>76.07</b>	<b>1081.99</b>	<b>1938.50</b>	<b>95.64</b>	<b>1360.29</b>
7.62	0.300	1530.20	75.50	1073.78	1992.60	98.31	1398.25	2698.30	133.13	1893.46
10.16	0.400	1736.50	85.68	1218.54	2213.90	109.23	1553.54	3060.10	150.98	2147.34
12.7	0.500	1843.90	90.97	1293.91	2298.20	113.39	1612.70	3199.40	157.85	2245.09



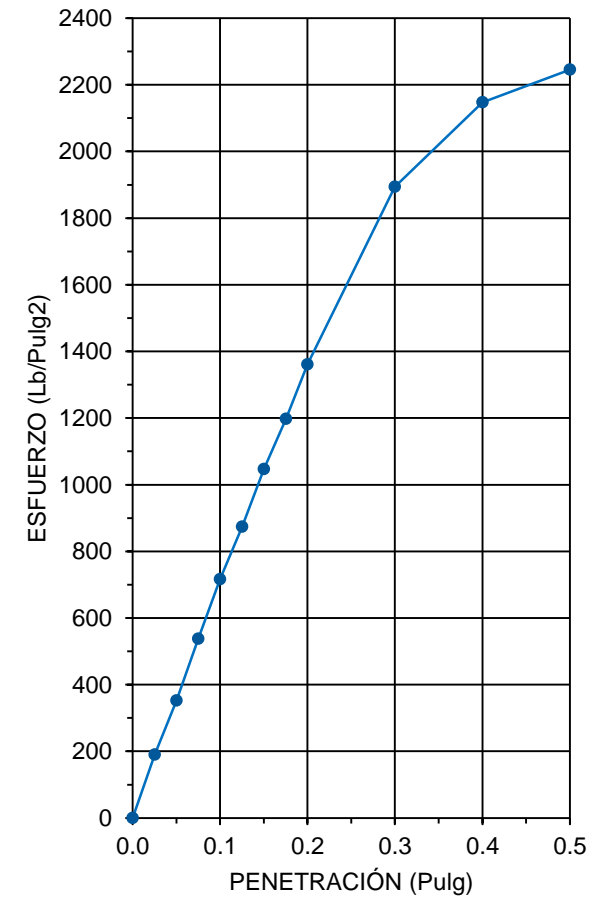
CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN  
(13 GOLPES)



CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN  
(27 GOLPES)

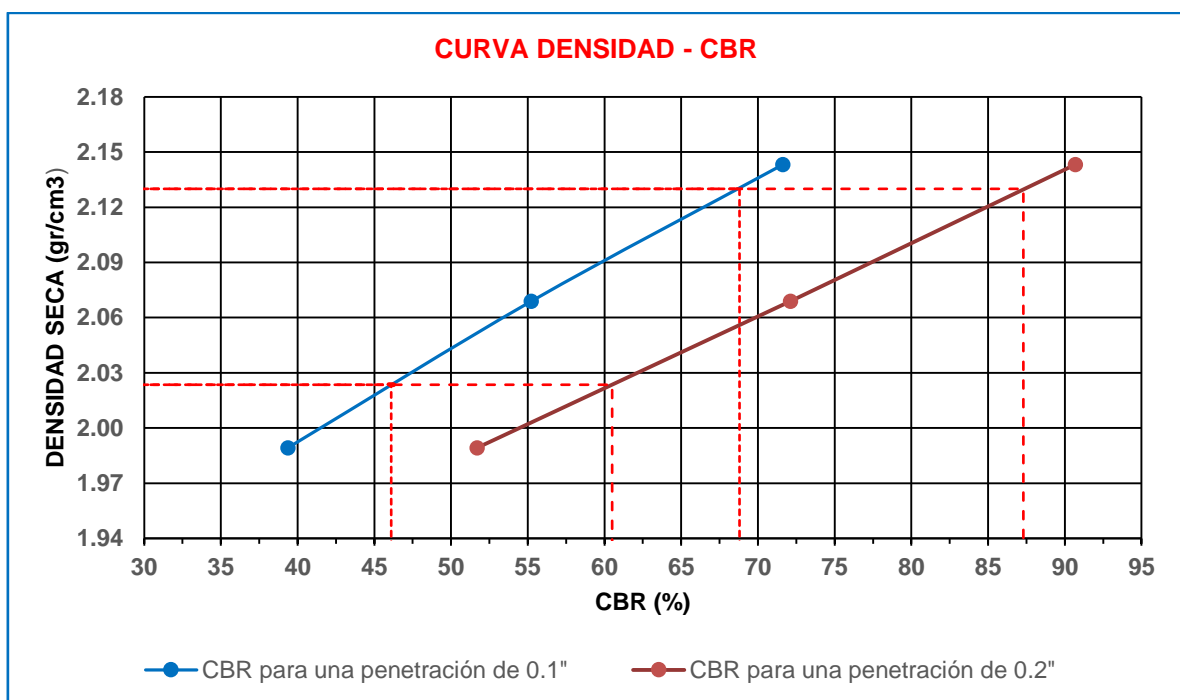


CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN  
(56 GOLPES)



Valores del CBR para penetraciones de 0.1" y 0.2, muestra N° 03, mezcla de materiales 60% de la cantera El Guitarrero y 70% de piedra chancada del Río Chonta.

N° DE GOLPES	VALORES DEL CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.1"			VALORES DEL CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.2"		
	ESFUERZO	CBR	DENSIDAD SECA	ESFUERZO	CBR	DENSIDAD SECA
	Lb/Pulg2	%	g/cm3	Lb/Pulg2	%	g/cm3
PRESIÓN 13 GOLPES	393.67	39.37	1.99	775.68	51.71	1.99
PRESIÓN 27 GOLPES	552.33	55.23	2.07	1081.99	72.13	2.07
PRESIÓN 56 GOLPES	716.25	71.62	2.14	1360.29	90.69	2.14



Del gráfico determinamos los valores del CBR al 100% y 95% de la densidad máxima seca para penetraciones de 0.1" y 0.2" respectivamente:

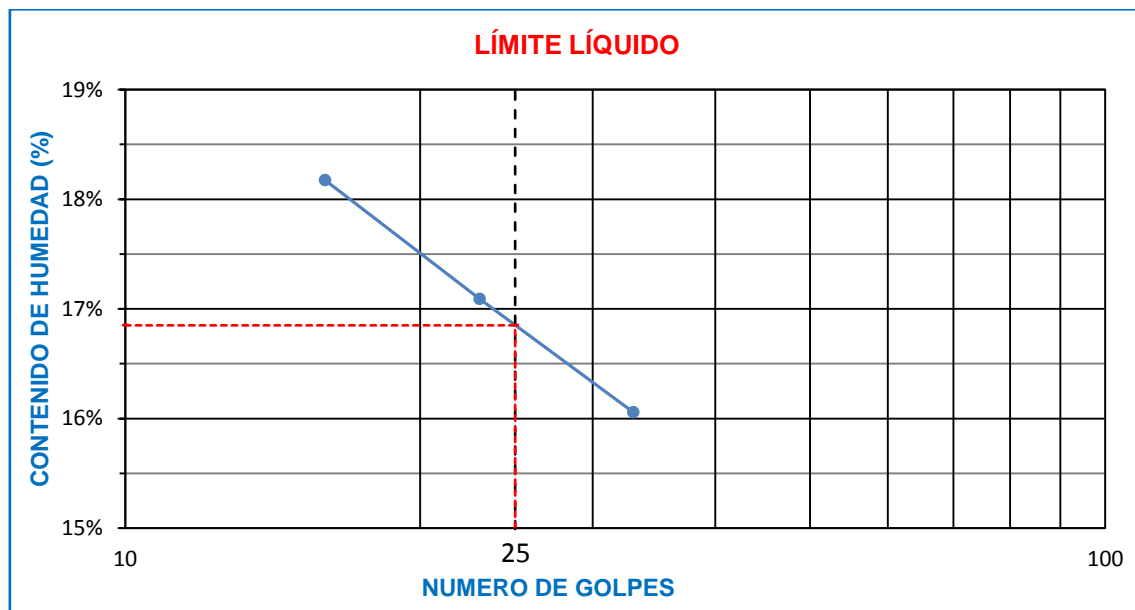
C.B.R. para una penetración de 0.1" al 100% de la densidad máxima seca	68.80%
C.B.R. para una penetración de 0.1" al 95% de la densidad máxima seca	46.10%
C.B.R. para una penetración de 0.2" al 100% de la densidad máxima seca	87.30%
C.B.R. para una penetración de 0.2" al 95% de la densidad máxima seca	60.50%

**MUESTRA 04: MEZCLA DE MATERIALES 60% DE LA CANTERA EL GUITARRERO Y 40% DE PIEDRA CHANCADA DEL RÍO CHONTA**

**ENSAYO:** Límites de Atterberg, muestra N° 04, mezcla de materiales 60% de la cantera el guitarrero y 40% de piedra chancada del río chonta.

LÍMITE LÍQUIDO			
TARA N°	1	2	3
Wt+M. Húmeda (g)	<b>44.23</b>	<b>41.78</b>	<b>45.33</b>
Wt+M. Seca (g)	<b>41.66</b>	<b>39.43</b>	<b>42.91</b>
W tara (g)	<b>27.52</b>	<b>25.68</b>	<b>27.84</b>
W agua (g)	2.57	2.35	2.42
W M. Seca(g)	14.14	13.75	15.07
W (%)	18.18%	17.09%	16.06%
N° GOLPES	<b>16</b>	<b>23</b>	<b>33</b>

LÍMITE PLÁSTICO			
TARA N°	1	2	PROM.
Wt+M. Húmeda (gr)			
Wt+M. Seca (gr)			
W tara (gr)			
W agua (gr)			
W M. Seca (gr)			
W (%)			NP



Determinamos los límites de Atterberg:

**Límite líquido: 17%**

**Límite plástico: NP**

**Índice plástico: NP**

**ENSAYO:** Pactor Modificado, muestra N°04, mezcla de materiales 60% de la cantera El Guitarrero y 40% de piedra chancada del Río Chonta.

DENSIDAD	NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	5
	N° de capas	5	5	5	5	5
	N° de golpes por capa	56	56	56	56	56
	W Húmedo + W Molde (g)	11062	11250	11362	11437	11426
	W del molde (g)	6295	6295	6295	6295	6295
	W Húmedo (g)	4767	4955	5067	5142	5131
	volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2225	2225	2225	2225	2225
	<b>Densidad Húmeda (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.142</b>	<b>2.227</b>	<b>2.277</b>	<b>2.311</b>	<b>2.306</b>

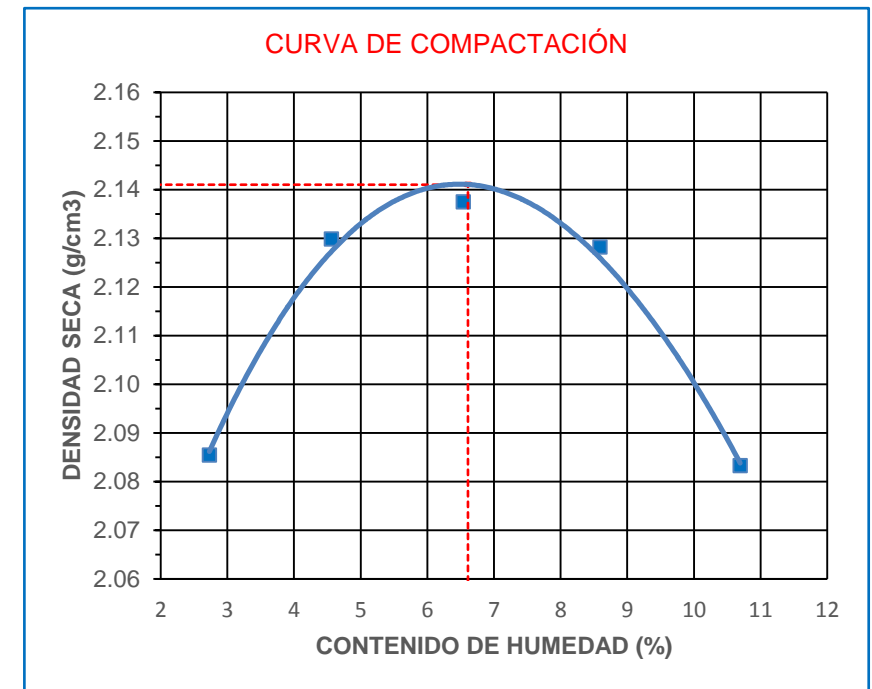
METODO DE ENSAYO:	<b>C</b>
DIAMETRO DEL MOLDE:	6"
ENERGÍA DE COMPACTACIÓN:	30.75 Kg-cm/cm <sup>3</sup>
N° CAPAS	5
N° DE GOLPES	56
PESO DEL PISÓN (Kg)	4.418
ALTURADE CAIDA DEL PISÓN (cm)	55.3
VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> )	2225

HUMEDAD	ENSAYO	1		2		3		4		5	
	W M. Húmeda + W Tara (g)	912	848	1436	1392	523	605	953	812	1098	1136
	W M. Seca + W Tara (g)	890	830	1408	1365	497	574	899	760	1043	1077
	W Tara (g)	123	137	782	784	97	103	273	152	527	527
	W Agua (g)	22	18	28	27	26	31	54	52	55	59
	W Muestra Seca (g)	767	693	626	581	400	471	626	608	516	550
	Contenido de Humedad (%)	2.87	2.60	4.47	4.65	6.50	6.58	8.63	8.55	10.66	10.73
	<b>C. de Humedad (%) Prom.</b>	<b>2.73</b>	<b>4.56</b>	<b>6.54</b>	<b>8.59</b>	<b>10.69</b>					
<b>DENSIDAD SECA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.085</b>	<b>2.130</b>	<b>2.137</b>	<b>2.128</b>	<b>2.083</b>						

Determinamos la densidad máxima seca y el contenido óptimo de humedad:

**Densidad seca máxima: 2.141 g/cm<sup>3</sup>**

**Contenido óptimo de humedad: 6.61 %**



**ENSAYO:** Ensayo California Bearing Ratio (CBR), muestra N° 04, mezcla de materiales 60% de la cantera El Guitarrero y 40% de piedra chancada del Río Chonta.

<b>COMPACTACIÓN CBR</b>										
N° Golpes por capa		13			27			56		
N° Capas		5			5			5		
Altura de molde (mm)		126			126			126		
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>		<b>ANTES DE SATURAR</b>		<b>DESPUES SATURAR</b>		<b>ANTES DE SATURAR</b>		<b>DESPUES SATURAR</b>		
W Húmedo + W Molde (g)		12771		12822		11783		11835		
W Molde (g)		7807		7807		6625		6625		
Volumen del Molde (cm3)		2308		2308		2324		2324		
W Húmedo (g)		4964		5015		5158		5210		
Densidad Húmeda (g/cm3)		2.151		2.173		2.219		2.242		
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>										
TARA N°	12-A	12-B	12-C	25-A	25-B	25-C	56-A	56-B	56-C	
W Tara + Muestra Húmeda (g)	848	1218	1381	546	512	862	901	576	628	
W Tara + Muestra Seca (g)	805	1191	1338	518	485	810	855	546	591	
W tara (g)	155	782	784	88	87	127	157	80	103	
W agua (g)	43	27	43	28	27	52	46	30	37	
W Muestra Seca(g)	650	409	554	430	398	683	698	466	488	
<b>Contenido de Humedad (%)</b>	<b>6.62</b>	<b>6.60</b>	<b>7.76</b>	<b>6.51</b>	<b>6.78</b>	<b>7.61</b>	<b>6.59</b>	<b>6.44</b>	<b>7.58</b>	
<b>C. Humedad Promedio (%)</b>	<b>6.61</b>		<b>7.76</b>	<b>6.65</b>		<b>7.61</b>	<b>6.51</b>		<b>7.58</b>	
<b>DENSIDAD SECA (g/cm3)</b>	<b>2.017</b>		<b>2.016</b>	<b>2.081</b>		<b>2.083</b>	<b>2.151</b>		<b>2.153</b>	
<b>ENSAYO DE EXPANSIÓN</b>										
<b>TIEMPO ACUMULADO</b>		<b>PRESIÓN 13 GOLPES</b>			<b>PRESIÓN 27 GOLPES</b>			<b>PRESIÓN 56 GOLPES</b>		
		<b>LECTURA</b>	<b>EXPANSIÓN</b>		<b>LECTURA</b>	<b>EXPANSIÓN</b>		<b>LECTURA</b>	<b>EXPANSIÓN</b>	
<b>HORAS</b>	<b>DIAS</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>
0	0	NO EXPANSIVO								
21	1									
48	2									
72	3									
96	4									

(Viene...)

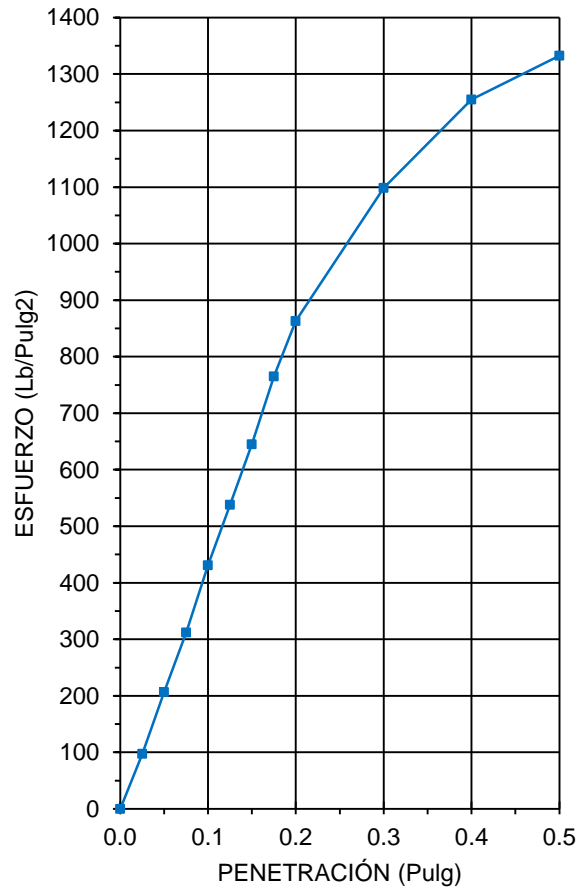
(...Va)

**ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN**

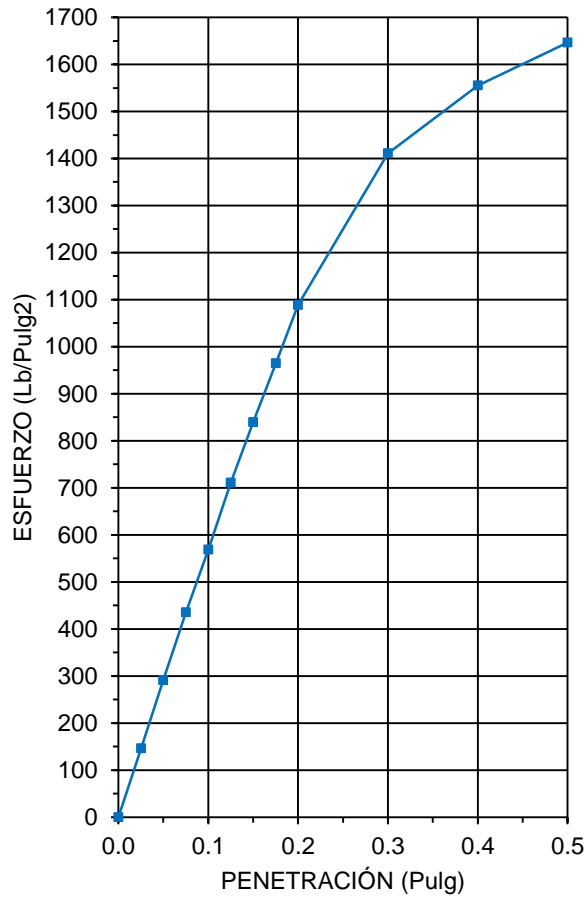
PENETRACIÓN		PRESIÓN		AREA DEL PISTÓN
mm	Pulg.	Kg/cm2	Lb/pulg2	cm2
2.54	0.10	70.31	1000	<b>20.27</b>
5.08	0.20	105.46	1500	

PENETRACIÓN		PRESIÓN 13 GOLPES			PRESIÓN 27 GOLPES			PRESIÓN 56 GOLPES		
mm	pulg.	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
		Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2	Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2	Kg.	Kg/cm2	Lb/Pulg.2
0	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	138.80	6.85	97.40	207.90	10.26	145.89	253.10	12.49	177.61
1.27	0.050	294.80	14.54	206.87	414.20	20.44	290.65	508.00	25.06	356.48
1.91	0.075	444.90	21.95	312.20	620.50	30.61	435.42	753.30	37.17	528.61
<b>2.54</b>	<b>0.100</b>	<b>614.50</b>	<b>30.32</b>	<b>431.21</b>	<b>810.30</b>	<b>39.98</b>	<b>568.61</b>	<b>1018.90</b>	<b>50.27</b>	<b>714.99</b>
3.18	0.125	767.00	37.84	538.22	1012.70	49.96	710.63	1235.20	60.94	866.77
3.81	0.150	919.50	45.37	645.23	1196.40	59.03	839.54	1471.20	72.59	1032.37
4.45	0.175	1090.10	53.78	764.95	1374.90	67.83	964.80	1725.30	85.12	1210.68
<b>5.08</b>	<b>0.200</b>	<b>1229.90</b>	<b>60.68</b>	<b>863.05</b>	<b>1551.20</b>	<b>76.53</b>	<b>1088.51</b>	<b>1947.30</b>	<b>96.08</b>	<b>1366.46</b>
7.62	0.300	1565.40	77.23	1098.48	2010.80	99.21	1411.02	2658.80	131.18	1865.74
10.16	0.400	1788.40	88.24	1254.96	2216.10	109.34	1555.09	2998.50	147.94	2104.12
12.7	0.500	1898.90	93.69	1332.50	2346.10	115.75	1646.31	3177.70	156.78	2229.86

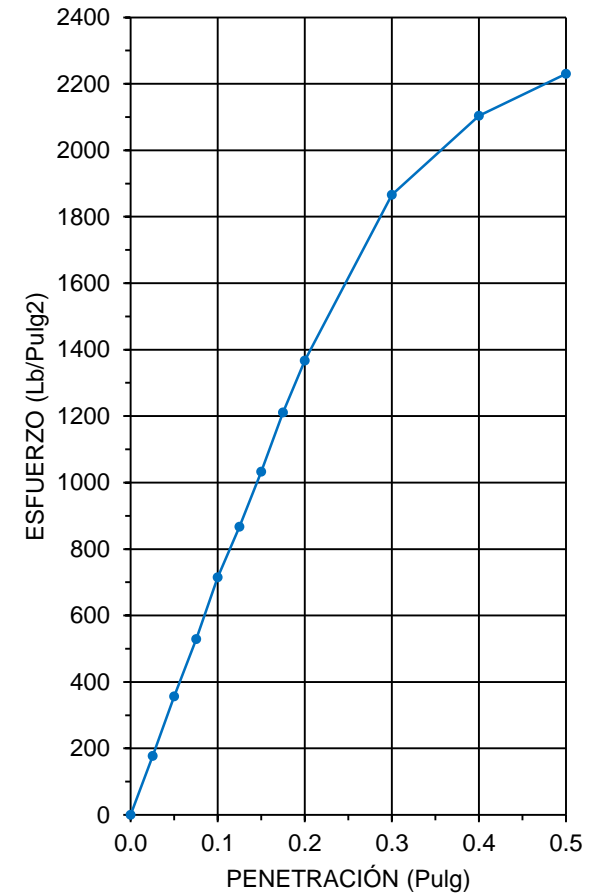
**CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN  
(13 GOLPES)**



**CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN  
(27 GOLPES)**

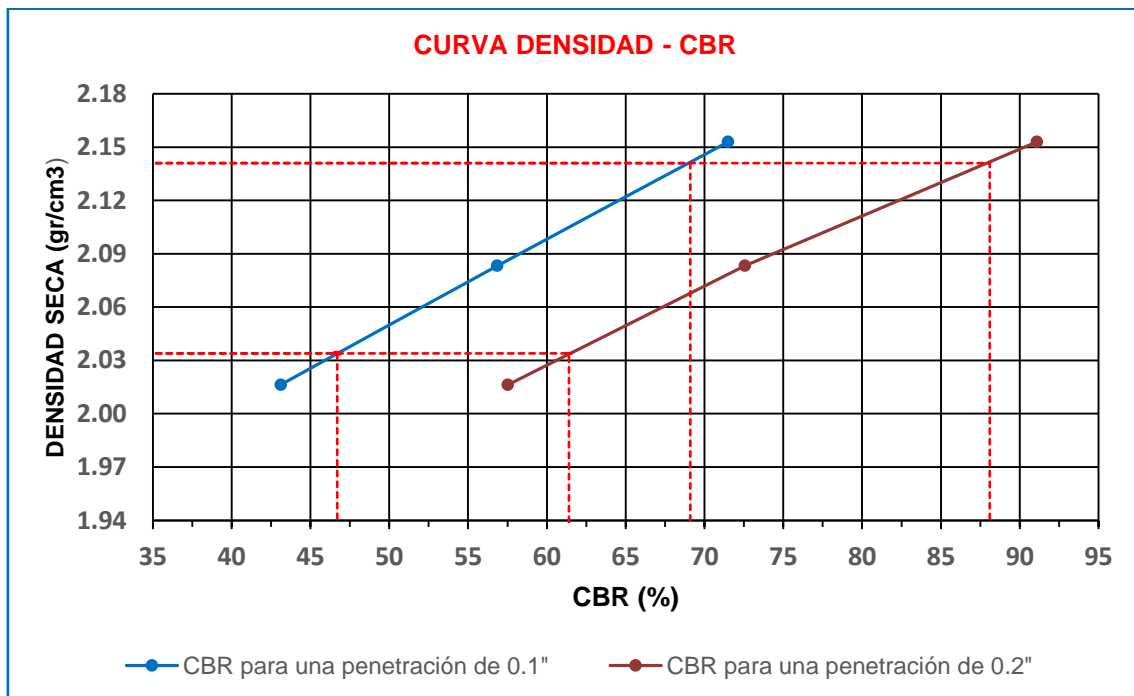


**CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN  
(56 GOLPES)**



Valores del CBR para penetraciones de 0.1" y 0.2, muestra N° 04, mezcla de materiales 60% de la cantera El Guitarrero y 70% de piedra chancada del Río Chonta.

N° DE GOLPES	VALORES DEL CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.1"			VALORES DEL CBR PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.2"		
	ESFUERZO	CBR	DENSIDAD SECA	ESFUERZO	CBR	DENSIDAD SECA
	Lb/Pulg2	%	gr/cm3	Lb/Pulg2	%	gr/cm3
PRESIÓN 13 GOLPES	431.21	43.12	2.02	863.05	57.54	2.02
PRESIÓN 27 GOLPES	568.61	56.86	2.08	1088.51	72.57	2.08
PRESIÓN 56 GOLPES	714.99	71.50	2.15	1366.46	91.10	2.15



Del gráfico determinamos los valores del CBR al 100% y 95% de la densidad máxima seca para penetraciones de 0.1" y 0.2" respectivamente:

C.B.R. para una penetración de 0.1" al 100% de la densidad máxima seca	69.10%
C.B.R. para una penetración de 0.1" al 95% de la densidad máxima seca	46.70%
C.B.R. para una penetración de 0.2" al 100% de la densidad máxima seca	88.10%
C.B.R. para una penetración de 0.2" al 95% de la densidad máxima seca	61.40%



**ENSAYO:** Abrasión en la máquina de los Ángeles de la mezcla de materiales 60% de la cantera El Guitarrero y 40% de piedra chancada del Río Chonta.

TAMAÑO MÁXIMO						1"			
GRADACIÓN						B			
N° DE ESFERAS						11			
N° DE REVOLUCIONES						500			
Medida de tamiz (abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g				PESO REAL (g)			
Que pasa	Retenido sobre	gradación				M-1	M-2	M-3	M-4
		A	B	C	D				
37,5 mm (1 1/2")	25.0 mm (1")	1250 ± 25	-.-	-.-	-.-				
25,0 mm (1 ")	19,0 mm (3/4")	1250 ± 25	-.-	-.-	-.-				
19,0 mm (3/4")	12,5 mm (1/2")	1250 ± 10	2500 ± 10	-.-	-.-	2502	2503	2501	2499
12,5 mm (1/2")	9,5 mm (3/8")	1250 ± 10	2500 ± 10	-.-	-.-	2499	2500	2500	2501
9,5 mm (3/8")	6,3 mm (1/4")	-.-	-.-	2500 ± 10	-.-				
6,3 mm (1/4")	4,75 mm (N°4)	-.-	-.-	2500 ± 10	-.-				
4,75 mm (N°4)	2,36 mm (N°8)	-.-	-.-		5000				
TOTAL		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5001	5003	5001	5000
PESO RETENIDO EN LA MALLA N° 12						3038	3062	3062	3063
% DE DESGASTE						39.25	38.80	38.77	38.74
PROMEDIO						38.89			

**ANEXO 02:** Panel fotográfico.

**Figura 15:** Cantera El Guitarrero, ubicada en la margen derecha de la carretera Cajamarca – Ciudad de Dios a 5 Km desde Cajamarca.



**Figura 16:** Acopio del material de la cantera El Guitarrero.





**Figura 17:** Chancadora de la cantera Tartar Chico, Ubicado a orilla del Río Chonta, Distrito de Baños Del Inca.



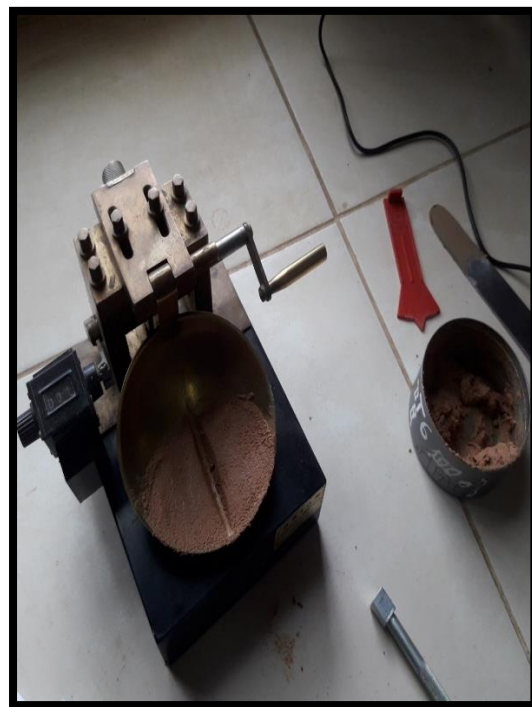
**Figura 18:** acopio de la piedra chancada de la cantera Tartar Chico, Ubicado a orilla del Río Chonta, Distrito de Baños Del Inca.



**Figura 19:** Granulometría del material de la cantera El Guitarrero.



**Figura 20:** Ensayo del límite líquido.





**Figura 21:** Material resultante de la mezcla de los materiales de la cantera El Guitarrero con piedra chancada del Río Chonta para próctor Modificado.



**Figura 22:** Preparación de muestras de material para la compactación con diferentes humedades (próctor modificado).



**Figura 23:** Separación de material en 5 partes, para próctor modificado.



**Figura 24:** Compactación de material en 5 capas, con 56 golpes por capa, para próctor modificado.





**Figura 25:** Contenido de humedad (próctor modificado).



**Figura 26:** Preparación de muestras de material para el ensayo de CBR (Ensayo de Relación de Soporte de California).



**Figura 27:** Asesor y tesista realizando la compactación para el ensayo de CBR.



**Figura 28:** Saturación de muestras durante 96 horas para la medición de la expansión.





**Figura 29:** prueba en la máquina para ensayos de CBR.



**Figura 30:** Máquina de los Ángeles para el ensayo de abrasión.



## ANEXO 03: Constancia de laboratorio.



**JOSÉ LEZAMA LEIVA**  
INGENIERO CIVIL  
CONSULTOR DE OBRAS DE INGENIERÍA

REG. C.I.P. Nº 14061 - RUC 10266787711  
REGISTRO NACIONAL DE CONSULTORES Nº CO 112

**ESTUDIOS GEOTÉCNICOS, LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO Y DISEÑO DE PAVIMENTOS**

## CONSTANCIA

EL QUE SUSCRIBE: ING° JOSE LEZAMA LEIVA QUE BRINDA LOS SERVICIOS DE ESTUDIOS GEOTECNICOS, LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO Y DISEÑO DE PAVIMENTOS.

### HACE CONSTAR:

Que el bachiller en Ingeniería Civil **VÁSQUEZ TORRES, JHONNY**, identificado con DNI 45958810, exalumno de la facultad de ingeniería de la universidad Nacional de Cajamarca, ha realizado 3 ensayos de esfuerzo-penetración (CBR), durante el mes de abril del 2018 para el desarrollo de la tesis titulada "EVALUACION DE LA MEZCLA DE AGREGADOS DE LAS CANTERAS EL GUITARRERO Y PIEDRA CHANCADA DEL RIO CHONTA PARA BASES Y SUB BASES DE PAVIMENTOS EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA", con permiso de las autoridades de dicha facultad, los cuales han quedado registrados en este laboratorio.

Se expide la presente constancia a petición del interesado, para los fines que crea conveniente.

Cajamarca, 05 de noviembre del 2019

  
-----  
*José L. Lezama Leiva*  
INGENIERO CIVIL  
REG. C.I.P. 14061

**ANEXO 04:** Planos de ubicación de canteras El Guitarrero y Tartar Chico (piedra chancada Río Chonta).